ÜBER DIE

RADIOACTIVITÄT

EINIGER

SCHWEIZERISCHER MINERALQUELLEN

VON

Dr. JOSEPH VON SURY

FREIBURG
BUCHDRUCKEREI GEBRÜDER FRAGNIÈRE
1907

Über die Radioactivität

einiger

Schweizerischer Mineralquellen.

von

Dr. Joseph von Sury.

Sonderabdruck

aus den Mitteilungen der naturforschenden Gesellschaft in Freiburg (Schweiz). Chemie. Band II. Heft 4. 1906.

Über die Radioactivität

einiger schweizerischer Mineralquellen.

Inaugural-Dissertation

der

mathematisch-naturwissenschaftlichen Fakultät

der

Universität Freiburg in der Schweiz

zur

Erlangung der Doktorwürde

vorgelegt von

Joseph von Sury
aus Solothurn.

ACAD. LIBRARY BIBL.

Freiburg (Schweiz)
Buchdruckerei Gebrüder Fragnière

1906

Meinen teuren Eltern

in Liebe und Dankbarkeit

gewidmet.

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41545315_0077

Einleitung.

Bald nachdem J. Elster und H. Geitel ihre klassischen Beobachtungen über die starke Jonisation der im Erdboden enthaltenen Luft veröffentlicht hatten (1902), v. N° (26), fand J. J. Thomson, dass Luft auch ionisiert wurde, wenn man sie durch Leitungswasser hindurchtrieb (100). Dieselbe Entdeckung machten ungefähr zu derselben Zeit Pochettino und A. Sella, (79) in Rom. Die Resultate dieser Forscher veranlassten nun eine Reihe von Physikern, Wasser verschiedener Herkunft auf seine Radioaktivität zu prüfen. Die einzelnen Arbeiten, soweit sie mir bekannt wurden, sind im Literaturverzeichnis am Schlusse dieser Arbeit aufgeführt.

Es zeigte sich, dass Fluss- und Seewasser nicht radioaktiv sondern inaktiv ist; die Proben von Quellwasser hingegen und vor allem solche von Thermalquellen verhielten sich in sehr vielen Fällen der Bodenluft analog, zeigten also eine mehr oder minder grosse Radioaktivität.

Auf vielen Seiten war man geneigt, in dem Gehalte an radioaktiver Emanation die Ursache des Heilerfolges mancher Mineralquellen zu sehen.

Wenn auch in diesem Punkte noch keine definitive Entscheidung möglich ist, so wird durch den Vergleich vieler Beobachtungen doch in physiologischer Hinsicht eine Lösung näher gerückt und damit ein Aufschluss über die Wirkungen mancher Heilquellen gegeben werden können, besonders solcher, deren Wirkung aus ihrer chemischen Zusammensetzung nicht zu erklären ist.

Anmerkung: Die eingeklammerten Zahlen beziehen sich auf das am Schluss der Arbeit beigefügte Literaturverzeichnis.

Auf Veranlassung von Hrn. Prof. Dr. A. Gockel, nahm ich mir vor, die bekanntesten schweizerischen Mineralquellen auf ihren Gehalt an radioaktiver Emanation zu untersuchen. Die Resultate sind in der nachfolgenden Arbeit niedergelegt. Kurze Auszüge aus derselben wurden bereits von Hrn. Prof. Gockel veröffentlicht, (42), (43).

Hier sage ich allen jenen Kurverwaltungen Dank, welche mich durch Zusendungen von Wasserproben unterstützten.

Methode der Untersuchung.

Die ersten Untersuchungen wurden ähnlich denen von J. J. Thomson und F. Himstedt mit kochendem Wasser ausgeführt, später aber in der Weise, dass ich Luft durch ein abgemessenes Quantum Wassers durchquirlen liess.

Die Leitfähigkeit der durch das Wasser gegangenen Luft wurde nach dem Verfahren bestimmt, welches J. Elster und H. Geitel zuerst für Bodenluft eingeführt haben.

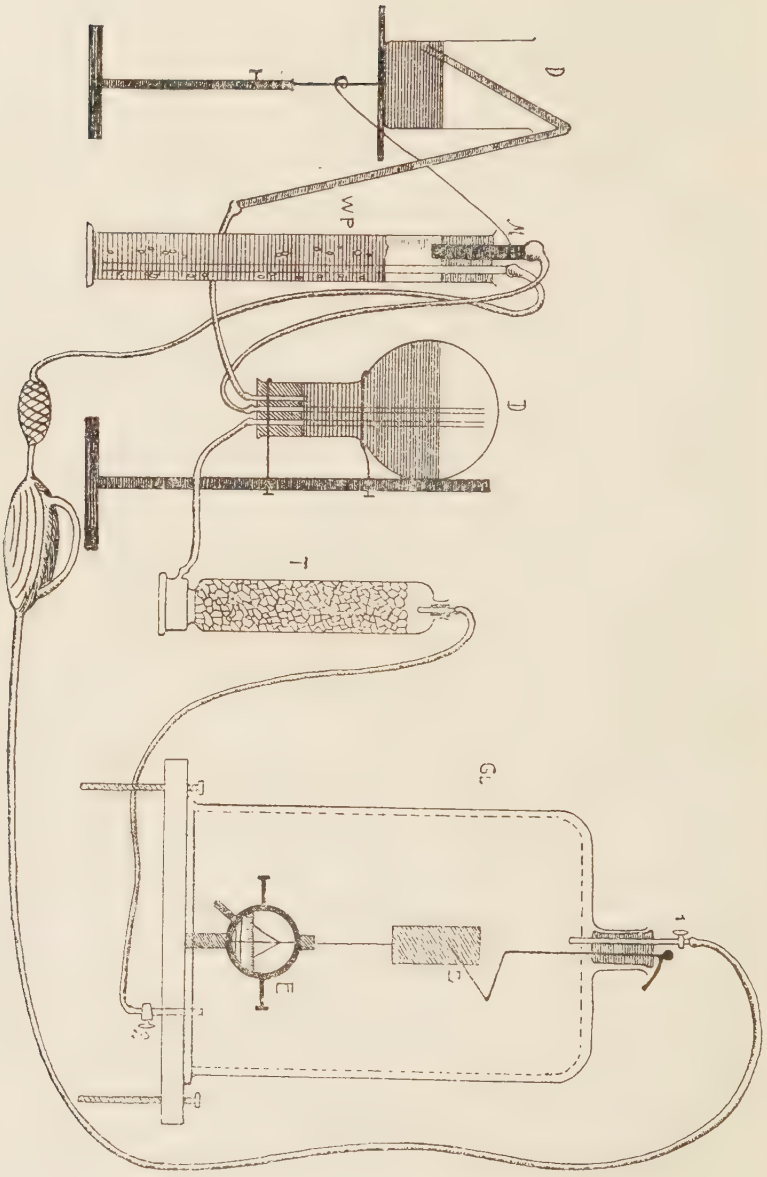
Wegen der Schwierigkeit die erste Methode am Ursprung der Quelle und nicht nur im Laboratorium anzuwenden, und auch wegen der geprüften Gleichwertigkeit des Durchlüftungsverfahrens wurde endgültig nur noch letzteres benutzt.

Die Modifikationen, welche an der ursprünglichen Anordnung von Elster und Geitel vorgenommen wurden, decken sich grösstenteils mit denen von H. Mache und St. Meyer in ihrer Arbeit über die Radioaktivität der böhmischen Bäder angegebenen (70).

Im Freiburger Laboratorium wurde eine Glasglocke von 38.5 l., bei den Versuchen in Baden eine solche von 12 l. Inhalt verwendet. Beide Glocken waren innen ganz mit Zinnfolie ausgekleidet und hatten nur zwei gegenüber liegende freie Fenster zur Ablesung des von Günther und Tegetmeier, Braunschweig bezogenen, Exner-Elster-Geitel'schen Elektroskopes.

Das Elektroskop besass gute Bernsteinisolation, sowie Spiegelablesung und trug einen zylindrischen Zerstreuungs-Körper von 10×5 cm.

Mit dem breiten, unten abgeschliffenen Rande stand die Glocke auf einem massiven Eisenteller, der durch drei Fussschrauben nivelliert werden konnte und ein Zuleitungsrohr enthielt. Oben war durch einen genau schliessenden Kaut-


D
WP
D
T
E

schukstopfen ein zweites Zuleitungsrohr und ein völlig isoliertes Metallstäbchen eingelassen. Dieses durchsetzte zugleich einen Zylinder aus verzinktem Eisendrahtgeflecht, von wenig kleinerem Durchmesser als die innere Wandung der Glasglocke. Durch geeignetes Drehen des Metallstäbchens konnte dieses sowohl mit dem Zerstreuungskörper und damit mit dem Elektroskop, als auch mit dem Drahtnetz, also mit der Erde verbunden werden. Geladen wurde mittelst einer Zamboni'schen Trockensäule auf ungefähr 240 Volt. Die Aichung des Elektroskopes wurde im Laufe der Arbeit vermittelst einer Akkumulatorenbatterie wiederholt kontrolliert.

Die Ausführung einer Aktivitätsbestimmung geschah nun in folgender Weise:

Durch ein Kautschukgebläse, welches mit dem Fuss angetrieben wurde und etwas über 4 Liter pro Minute förderte, konnte Luft aus der Glasglocke in den Messzylinder getrieben werden, in welchem das zu untersuchende Wasser sich befand. Der Luftblasenstrom war dabei ein kontinuierlicher und feinverteilter. Die verwendete Wassermenge betrug gewöhnlich 333 oder 666 ccm. Die Form einer Flüssigkeitssäule wurde dabei vorgezogen, weil so eine sehr innige Mischung von Luft und Wasser möglich war. Die emanationshaltige Luft passierte nun ein 25 cm. langes Messingrohr M, welches mit Feilspähnen gefüllt und zur Erde abgeleitet war. Elektrische Ladungen, welche sich durch das Emporquirlen selbst bilden konnten, wurden so wieder dem Gasgemenge entzogen. Dass sich wirklich solche Ladungen zu bilden vermochten, zeigte ein Versuch mit Freiburger Leitungswasser. Als durch dieses aus der Wasserluftpumpe kommende Luft 3 Stunden lang durchstrich, stieg die Zerstreuung auf 32 Volt-Stunde, während mit Kautschukgebläse und eingeschaltetem Messingrohr sich für ein gleiches Wasserquantum 9.1 Volt-Stunde ergeben hatte.

Aus dem Messingrohr gelangte das Gas in einen umgekehrten Rundkolben nach Mache oder in ein System von U-Röhren zur Beseitigung des Ueberdruckes, welcher sich durch Austreiben des im Wasser gelöst gewesenen Gases

bilden musste. Endlich strich die Luft + Emanation durch einen Chlorcalcium-Turm und trat durch den unteren Gashahn wieder in den Messraum ein.

Nach mindestens $^1/_2$-, meistens $^3/_4$- stündigem Durchpumpen, konnte eine gleichmässige Verteilung der Emanation im System angenommen werden. Ich fand dann ein Ansteigen der Zerstreuungsgeschwindigkeit bis zum Maximum, welches nach 2 $^1/_2$ bis 3 Stunden eintrat. Diese Beobachtung stimmt mit der von Schenk angegebenen überein (82 pag. 32).

Die Dauer einer Messung am Elektroskop betrug regelmässig 15 Minuten, wenn nicht eine höhere Aktivität ein rascheres Ablesen verlangte.

Vor Beginn jeder Untersuchung, wurde erst die normale Zerstreuung in dem mit Zimmerluft gefüllten Apparate gemessen. Diese wurde dann bei den quantitativen Angaben in Abzug gebracht.

Mit dem Eintreten der emanationshaltigen Luft in den Messraum beginnt aber auch schon die induzierte Aktivität sich auf dessen Metallwänden abzusetzen: es mussten darum die Zerstreuungswerte um diesen Induktionsbetrag vermindert werden. Am einfachsten und mit geringem Fehler konnte die Induktion bestimmt werden, indem nach erreichtem Maximum die Glasglocke rasch abgehoben, tüchtig ausgeblasen und wieder aufgesetzt wurde.

Nach wenigstens zwei Beobachtungen von je $^1/_4$ Stunde Dauer, liess sich dann der Wert für den Moment des Abhebens aus der beobachteten Kurve ermitteln. Dieser Wert war es, mit welchem die beobachtete Zerstreuung in zweiter Linie korrigiert werden musste. Unter « Zeitpunkt O » wird im Folgenden bezüglich der induzierten Aktivität, der Moment des Abhebens der Messglocke verstanden.

Da sich die induzierte Aktivität in dieser höchst einfachen Weise, genügend genau messen liess, wurde von der früher gebräuchlichen Methode, auf hohes negatives Potential (— 2000 Volt) geladene Metalldrähte Stunden lang der Emanation zu exponieren, kein Gebrauch gemacht.

Bei Proben, deren Aktivität eine so beträchtliche war, dass die « Halbierungskonstante » der Emanation bestimmt werden konnte, wurde die Kurve für die Induktion erst dann ermittelt, wenn die Emanation selbst schon auf einen Teilbetrag gesunken war.

War die induzierte Aktivität so weit abgeklungen, dass sich wieder der normale Zerstreuungswert für Zimmerluft ergab, und wurden nunmehr die inzwischen verschlossen gehaltenen Hähne 1 und 2 geöffnet und neuerdings das ganze System mit dem Gebläse durchgepumpt, so zeigte sich eine abermalige schwache Zunahme der Zerstreuungswerte, und zwar auch bei solchen Proben, die kein radioaktives Salz, sondern nur gelöste Emanation enthielten. Es handelte sich hier um jenen Betrag der Emanation, welcher durch den Chlorcalcium-Turm, die Schlauchteile und endlich das Wasser selbst noch zurückgehalten worden war. Je grösser wir aber den Messraum wählen, um so geringer wird verhältnismässig dieser Verlust sein ; im Laboratorium kamen Messglocken bis zu 38,5 Liter in Gebrauch.

Alsdann reduzierte sich der Emanationsverlust im übrigen System auf zirka 5 %, während bei kleineren Glocken bis zu 10 % des gefundenen Zerstreuungswertes addiert werden mussten.

Für Leitungswasser findet v. Traubenberg den Absorptionskoeffizienten der Emanation zu 0,33.

Als *Beispiel* einer Bestimmung führe ich an, die Untersuchung des Wassers der eisenhaltigen Quelle St. Placidus bei Disentis (Graubünden). Einzelheiten über diese Quelle, siehe unter « Disentis » pag. 66.

Die Untersuchung wurde am 27. VI. 05, im Laboratorium vorgenommen, 45 Stunden nach dem Abfüllen der Probe an der Quelle.

Angewandte Menge 666 ccm. Spannungsabfall am Elektroskop, wenn die Glocke mit Zimmerluft erfüllt war, während einer

viertel Stunde	13 Volt
also pro Stunde	52 Volt.

Dieser Wert berechnet sich aus folgenden Ablesungen am Elektroskop:

10 h 32'	Ausschlag der Blättchen	21.2	Skalenteile.
10 h 47'	» »	18.8	»
21.2	Skalenteile entsprechen	195.2	Volt.
18.8	» »	182.2	»
	Differenz	13.0	Volt.

Nachdem der Luftstrom 15 Minuten lang durch die Wasserprobe hindurchgegangen war, fand ich 155 Volt Zerstreuung pro Viertelstunde. Dann stieg bei ferneren Ablesungen dieser Wert allmählich an, bis nach 3 $^1/_4$ Stunden das Maximum eintrat, und zwar mit 258 $\frac{\text{Volt}}{15 \text{ Minuten.}}$

Für die induzierte Aktivität ergab sich die Abklingungskurve vom Zeitpunkt des Abhebens der Glocke an gerechnet:

Zeit in Minuten.	J in Volt 15 Minuten.
5	95
10	87.5
15	82
30	75

Aus diesen Werten liess sich für den « Zeitpunkt O » berechnen.

$$Jo = 112.5 \text{ Voltverlust.}$$

Dieser Wert, in dem auch der Spannungsabfall für Zimmerluft inbegriffen ist, muss von dem obigen subtrahiert werden, also

$$258 \text{ Volt} - 112.5 \text{ Volt} = 145.5 \text{ Volt}$$

Nachdem der Apparat 3 Stunden unbenützt gestanden, zeigte er wieder normale Zimmerluftzerstreuung von 13 Volt pro 15 Minuten.

Jetzt wurde nach Öffnen der unterdessen verschlossen gehaltenen Zuleitungshähne (1,2) nochmals kurz durchgepumpt: dadurch stieg die Zerstreuung auf 19.8 Volt pro $^1/_4$ Stunde.

Diese Erhöhung stammt von jener Emanation, welche sich bei der Hauptmessung der Beobachtung entzogen und jetzt in dem ganzen System gleichmässig verteilt wurde. Wir finden 19.8 Volt — 13 Volt = 6.8 Volt.

Um endlich noch den Absorptionskoeffizienten des neuerdings durchlüfteten Wassers und die Thatsache zu berücksichtigen, dass auch bei dieser zweiten Bestimmung im Messraume, sich ein kleiner Bruchteil der Emanation unserer Beobachtung entzieht, addieren wir zu dem Wert

$$\frac{6.8 \text{ Volt}}{15 \text{ Minuten}} \quad \text{noch} \quad \frac{0.2 \text{ Volt}}{15 \text{ Minuten}}$$

Bedeute der Ausdruck

$$\frac{7 \text{ Volt}}{15 \text{ Minuten}}.$$

die « Restemanation », so finden wir schliesslich:

$$145.5 \text{ Volt} + 7 \text{ Volt} = 152.5 \text{ Volt}$$

als durch die Emanation bewirkten Verlust in unserem Apparat in 15 Minuten.

Alle diese Zahlen beziehen sich aber auf die angewandte Menge von 0,666 Lit. Um unter sich übereinstimmende Werte zu erhalten, rechnen wir auf 1 Liter um:

1 Liter Wasser der St. Placidus-Quelle (Disentis) bewirkt in unserem Apparate in 15 Minuten einen Zerstreuungsverlust von 228.7 Volt.

Nach dem Vorschlage von H. Mache sind die folgenden direkten Beobachtungen umgerechnet in den Stromzuwachs, welchen die in einem Liter Wasser oder Gas enthaltene Emanation pro $^1/_4$ Stunde liefert und sind ausgedrückt in $^1/_{1000}$ Elektrostatischen Einheiten.

Damit hat man ein vergleichbares Maass der Emanation mit gleichgehaltenen Angaben anderer Beobachter.

Für die Umrechnung des Spannungsverlustes in Stromstärken ist es aber nötig, die Kapazität des jeweilig angewandten Apparates zu kennen. Sie wurde von Prof. Gockel mit einem Harms'schen Kondensator bestimmt und lag bei den verschiedenen Kombinationen der Messräume zwischen 8.8 und 9.1 cm. In unserem speziellen Falle, bezieht sich die Bestimmung auf letzteren Wert, sodass wir erhalten:

Ein Voltabfall von 228.7 in 15 Minuten entspricht einer Stromstärke i von

$$\frac{228{,}7 \times 9{,}1}{300 \times 15 \times 60} = 0{,}0077 \text{ E.S.E. oder } i \times 10^3 = 7.70 \text{ E.S.E.}$$

Baden.

Dass in dieser Arbeit die Thermalquellen dieses Kurortes ganz besonders berücksichtigt wurden, geschah aus dem natürlichen Interesse, welches diese schon in vielfacher wissenschaftlicher Beziehung genauer studierten Quellen erwekken mussten. Dazu kam aber noch, erstens die leichte Zugänglichkeit dieses Ortes, zweitens die liebenswürdige Unterstützung, welche mir der Besitzer des Verena- und Limmathofes, *Hr. Jos. Borsinger* in Baden angedeihen liess. Durch sein Wohlwollen wurde die Untersuchung an Ort und Stelle ermöglicht und in jeglicher Hinsicht erleichtert. Es sei mir gestattet ihm und *Hrn. Dr. med. H. Zehnder* auch an dieser Stelle den aufrichtigsten Dank auszusprechen.

Von letzterem Herrn stammt auch eine aus dem Jahre 1874 datierende wissenschaftliche Korrespondenz, deren Empfänger Dr. Minich in Baden und nicht genannter Absender wahrscheinlich Prof. Thury ist. Es stellt dies jedenfalls die älteste Prüfung der Badener Quellwässer hinsichtlich ihrer elektrischen Eigenschaften dar. Angespornt durch die Heilkraft der Badener Thermen, welche durch die chemische Zusammensetzung allein nicht erklärbar ist, fragen sich die Verfasser: Finden wir dieses unbekannte Agens in der Elektrizität, oder gibt es noch ein unaufgedecktes mineralisches X in unserem Quellwasser? Sie beantworten erstere Frage positiv, indem sie experimentell beweisen, dass eine elektrische Strömung vom kalten Limmatflusswasser zu den heissen Quellen geht und finden auch, dass abgestandenes Quellwasser beim Erhitzen auf die ursprüngliche Quellentemperatur und analoger Schaltung mit Flusswasser zu keinem elektrischen Strome mehr Veranlassung gibt. Ich kann hier auf die Hypothesen, welche damals zur Erklärung dieser Entdeckungen aufgestellt wurden, nicht näher eingehen; doch möchte ich gleich beifügen, dass sich über 10 Tage altes, in hermetisch schliessenden Flaschen aufbewahrtes Quellwasser, auch hinsichtlich der Radioaktivitätserscheinungen, vollständig inaktiv erwies.

Die Radioaktivität der Badener Quellen wurde zuerst festgestellt von Hrn. Prof. Dr. A. Gockel (40).

Geologisches.

Baden, das römische Thermopolis [1]), liegt im letzten Ausläufer des Juragebirges gegen Osten, dem Lägernbergkamm, da wo derselbe durch die Limmat klusenartig geschnitten wird.

Während das Juragebirge im Allgemeinen von SW nach NO streicht, zweigt östlich der Aare und der Reuss, die Lägernkette mit westöstlichen Richtung ab.

Die Quellen selbst liegen an der Stelle, wo die Limmat, von Süden kommend, in einem rechten Winkel umbiegend gegen Westen fliesst und durch ihre Erosionsthätigkeit das Kettengewölbe bis zum Keuper und Muschelkalke aufgeschlossen hat.

Geologisch ähnlich gelagert sind die Quellen von Schinznach. Dort hat aber die breitere Aare weniger tief eingeschnitten und grosse Alluvialmassen abgelagert, bis die Thermen hier zur Oberfläche dringen, sind sie an Temperatur (33° C) und Wassermenge geschwächt.

Die Quellspalten der Badener Heilwässer, (inwiefern wir uns solche Gesteinssprünge hier denken können, wird unten erörtert) liegen also in der Streichrichtung des aufgeschlossenen Triaskernes.

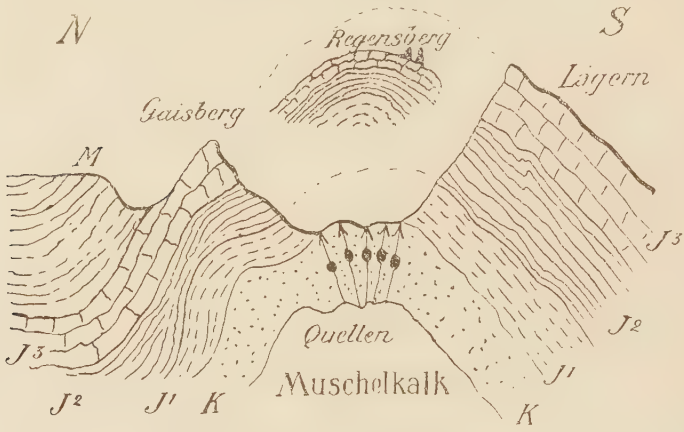
Die 15 Quellen [2]) folgen nicht alle in einer geraden Linie hintereinander, sondern verteilen sich auf einem zirka 190 m. breiten Streifen, und dieser entspricht, nach der geologischen Karte der Schweiz, Blatt 3, sowie ich es selbst verifizierte, genau der Breite des dortigen Keuper-Auftretens.

Da wir es hier mit einem klusenartig abgedeckten Antiklinale zu thun haben, dessen Schenkel einerseits der Lägern und anderseits der Gaisberg bilden, können wir annch-

[1]) David Hess « Die Badenfahrt » Zürich 1818.

[2]) Die Zahl wird oft zu 18, resp. 21 angegeben, es werden aber nur 15 Quellen amtlich aufgeführt.

men, dass die Thermen auf den Radialbrüchen dieses Gewölbescheitels zur Oberfläche dringen. (Fig. 1).



M = Untere Süsswasser-Molasse.
J^3 = Oberer-Jura (Malm).
J^2 = Mittel-Jura (Dogger).
J^1 = Unterer-Jura (Lias).
K = Obere Trias (Keuper).

Fig. 1.

Nach Prof. A. Heim, ergänzt v. Prof. de Girard.

Fragen wir uns nach der Ursache der Erwärmung des Quellwassers auf 48° C., so werden wir uns nicht wie Doktor Ebel 1815 zweier « erprobter Wasserfühler » bedienen, um den « kalten Bach, » welcher sich in den Kalk- und Mergelschichten des Lägernberges erhitzen soll, zu entdecken, sondern mit Prof. Dr. Alb. Heim annehmen, dass die Erwärmung im Muschelkalke vor sich geht.

Indem nämlich an jenen Stellen der Alpen (z. B. Glarus),

Fig. 2.

wo der Muschelkalk frei liegt, Wasser in denselben eindringt, folgt es dessen Schichten unter der ganzen schweizerischen Molasse hinweg, bis es an der ersten Abdeckung (in Baden durch die Limmat, in Schinznach durch die Aare) wieder zu Tage tritt. Das « Liegende » des Muschelkalks ist Buntsandstein und das « Hangende » Keuper, beide für Wasser fast undurchdringlich, während Muschelkalk selbst Wasser aufsaugt und fortführt. Er taucht unter die schweizerische Molasse an 2000 m., und bei einer geothermischen Tiefenstufe von etwa 33 m. begreifen wir, dass sich die Temperatur erhöht und das Wasser auf dem langen Wege sich mit verschiedenen Mineralien anreichert [1]).

Prof Mühlberg von Aarau hat 1902 eine neue Theorie veröffentlicht, wonach das Lägerngebirge, sowie der übrige Jura bis Pruntrut Schichtenverschiebungen erkennen lässt und zwar oft in sehr beträchtlichen Tiefen. Nur da wo die Kluft oder Spalte von durchlässigem Muschelkalke begrenzt wird, kann Wasser eindringen. Dieses « Einflussterrain » findet Mühlberg westlich von Baden zwischen Aare und Reuss, und es gelingt ihm auch einen Zusammenhang zwischen den Niederschlagsmengen dieser Gegend und dem mittleren Ertrag der Badener Thermen (von etwa 730 Minutenliter) nachzuweisen [2]).

Die Schichtenfolge begreift in Baden :

c. *Schweizer Molasse, darin :*

3. obere Süsswasser-Molasse.
2. Marine (Helvetische) Molasse.
1. Untere Süsswasser-Molasse.

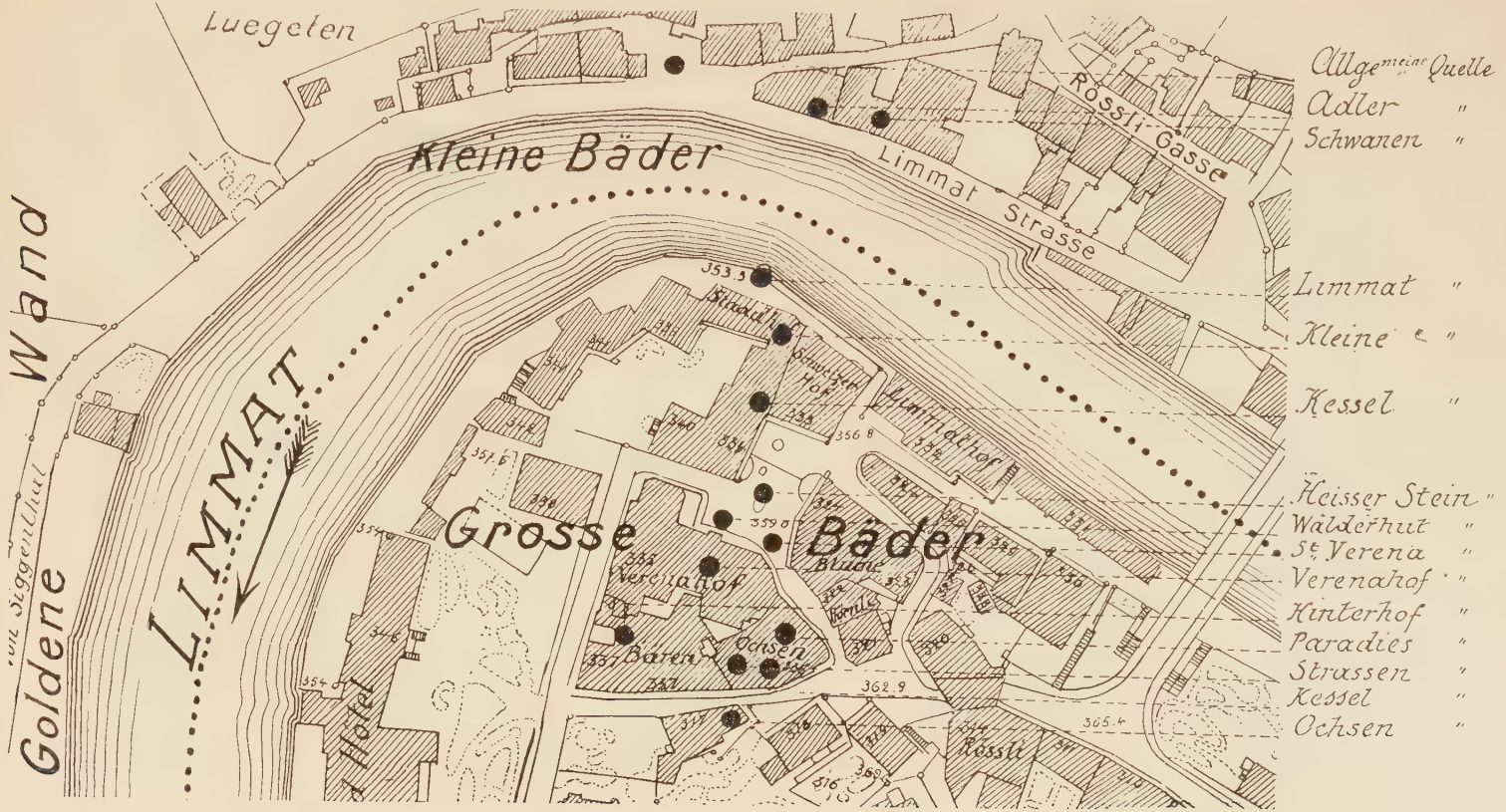
b. *Jura :*

3. Malm (weisser Jura).
2. Dogger (brauner Jura).
1. Lias (schwarzer Jura).

[1]) Schon Albert Mousson, *Geolog. Skizze der Umgebungen von Baden 1840* gibt als Erwärmungsgrund das Einsinken des Wassers auf mehrere tausend Fuss an und verwirft die bis dahin geltende oberflächliche Annahme einer vulkanischen Erhitzung.

[2]) Bericht der Badkommission in Baden über die Badanstalt für unbemittelte Kranke zum Freihof vom Jahr 1904.

Thermen von Baden.



Maasstab 1 : 2000

Fig. 3.

a. *Trias*:

3. obere Trias (Keuper).
2. mittlere Trias (Muschelkalk).
1. untere Trias (Buntsandstein),

letzter hier nicht mehr abgedeckt.

Die Lage der verschiedenen Thermen Badens, welche in Fig. 3 eingezeichnet sind, erlaubt einen einzigen mit dem Gebirgskamm parallel verlaufenden Gesteinsbruch anzunehmen. Für die Bärenquelle und die Allgemeine Quelle lassen sich Nebensprünge denken.

Wenn ausserdem nicht alle Thermen genau nebeneinander liegen, so kann dies von künstlichen Bohrungen stammen. In den vergangenen Jahrhunderten, wurde nämlich an mehreren Stellen, neben den schon bestehenden Quellen, nach Wasser gegraben, bis später durch streng geregelte Vorschriften hierin jedes eigenmächtige Vorgehen untersagt wurde.

Betrachtet man das Quellengebiet aus der Vogelperspektive, so erscheint es beiderseitig genau begrenzt durch eine ca. 20 m. hohe Schicht, welche sich bei der Untersuchung als Lias erwies.

Beschreibung der untersuchten Quellen Badens.

Da eine genaue örtliche Beschreibung der Quellen meines Wissens nicht vorliegt und der Emanationsgehalt an den einzelnen Orten nach Jahreszeiten, Jahrgängen oder anderen Perioden wechseln kann, lasse ich eine Aufzählung der Quellen mit Angabe der Entnahmestellen folgen, sodass eine spätere Vergleichsuntersuchung ermöglicht wird. Die Proben selbst wurden unter der zuverlässigen Leitung der betreffenden Badmeister erhoben.

1. Kessel-Quelle.

Liegt im sog. Staadhof, zisternenartig gefasst. Sie bildet einen rundlichen über 1 m. breiten Ausschnitt im Fussboden und ermöglicht durch ihre freie Lage ein leichtes Aufstellen der Apparate. Reichliche Gasentwicklung. Probeent-

nahme direkt unter der Oberfläche. Ergiebigkeit 25.0 Minutenliter [1]).

2. Verenahof-Quelle.

Im Atrium des gleichnamigen Hôtels in einem erhöhten Zementsockel gefasst und mit Glas bedeckt. Weiteres siehe unter « Gas. » Probe aus dem seitlichen Ablaufrohr. Ergiebigkeit 49 Minutenliter.

3. Wälderhut.

Vor dem Eingang zum Hôtel Verenahof durch mehrere grosse Steinplatten bedeckt. Indem der Messzylinder eine kurze Zeit eingesenkt wurde, liess sich die Probe erheben. Dies ist die heisseste Quelle und zugleich sehr tief gelegen, sodass es ohne Maximalthermometer kaum möglich war die Temperatur genau abzulesen. Ich fand an der benutzten Stelle 20 cm. unter der Oberfläche 48° C. Ergiebigkeit 44.5 Minutenliter.

4. Strassen-Quelle.

In den Baderäumen des Hôtel Ochsen. Befindet sich nahe unter der Hauptstrasse zu den Bädern. Probe durch Abheben des hölzernen Deckels mit einer Pipette entnommen. Ergiebigkeit 8.6 Minutenliter.

5. Allgemeine Quelle.

In Enetbaden zwischen den sog. « kleinen Bädern » am rechten Limmatufer. Probe aus der eisernen Röhre vor dem Hirschen. Ergiebigkeit 103 Minutenliter.

6. Heisser Stein.

Auf dem Staadhofplatz vor dem Schweizerhof mit einer mächtigen Granitplatte bedeckt. Ein eiserner Pavillon schmückt diese Doppelquelle. Probe daselbst der kurzen Metallröhre ohne jede Luftdurchmischung entnommen. Ergiebigkeit 119.5 Minutenliter.

[1]) Die hier angegebenen Wassermengen sind die am 4. Nov. 1905 von der offiz. Prüfungskommission gemessenen und mögen mit früheren Zahlen infolge der Neufassung der Limmatquelle differieren.

7. Paradies-Quelle.

Im Hôtel Ochsen, gefasst in einer grossen Zementröhre. Um undurchlüftetes Wasser zu erhalten, welches also noch volle Aktivität besass, wurde hier wie in einigen anderen Fällen dem Messzylinder ein Verschluss mit zwei gebogenen Glasröhrchen und Gummischlauch, ähnlich einer Spritzflasche, aufgesetzt. Ergiebigkeit 17.5 Minutenliter.

8. Limmat-Quelle.

Ergoss sich früher nutzlos in die Limmat und wurde im Jahre 1905 unter grossen technischen Schwierigkeiten durch dreifache Ringmauern isoliert und abgeschlossen. Eine Probe konnte an der Quelle selbst nicht entnommen werden wohl aber aus dem Sammler zwischen dem Limmathof und Schweizerhof, bis wohin das Wasser samt dem Quellgase unter eigenem Drucke einströmt. Ergiebigkeit 156 Minutenliter.

9. Kessel-Quelle (Ochsen).

Im Gang zu den Bädern dieses Hôtels; Wasser nach Abheben der bedeckenden Steinplatte direkt entnommen. Ergiebigkeit 2.1 Minutenliter.

10. Bären-Quelle (Hinterhof).

In den Kellerräumen des Hôtel zum Bären. Die Probe wurde aber aus der zirka 60 m. langen Leitung zum Grand Hôtel und zwar aus dem dortigen Sammler geschöpft. Ergiebigkeit 56 Minutenliter.

11. Neue Quelle.

In der Badzelle Nr. 29 des Hôtel zum Ochsen. Einzige der grösseren Quellen, welche ich ohne Gasentwickelung und stagnierend fand. Ergiebigkeit 4.7 Minutenliter.

Kältere Quellen.

Da dieselben zugleich die schwächsten sind und sich auch durch ihre Aktivität nicht besonders auszeichnen, wird man es hier wohl mit Sammelstellen von schon im Erdboden verlaufenen Wasseradern zu thun haben. Immerhin werden die beiden ersten stets als eigene Quellen aufgeführt.

12. Adler-Quelle.

Im Hotel Adler in Enetbaden in den Baderäumen. Ergiebigkeit 0.5 Minutenliter.

13. Kleine Quelle.

Eine badewannenartige Vertiefung unter dem Staadhofe. Aus der Röhre unter Vermeidung einer Durchlüftung gesammelt. Ergiebigkeit 0.9 Minutenliter.

14. Tote Quelle.

In den Bädern des Verenahofes, wohl ein Ablauf der Wälderhutquelle. Probe aus dem ersten Sammeltroge geschöpft.

15. Badewasser.

Probe aus einem in der üblichen Weise zubereiteten Bade des Verenahofes entnommen, welches Wasser durch 12-stündiges Stehenlassen von der Quellenwärme auf 28° C abgekühlt wird.

Ein qualitativer Beweis für die Anwesenheit von Radiumemanation durch seine β-Strahlen ist der folgende

Photographische Versuch.

An der Verenahofquelle wurde das mittelst eines Auffangtrichters gesammelte Quellgas erst durch drei Waschflaschen mit analytischer Kalilauge geleitet, welche die Kohlensäure absorbierten. Hierauf musste das Gas eine Flasche mit Bleiacetatlösung passieren und gelangte dann durch einen Trockenturm in trockenem Zustande in eine Glasglocke, worin mehrere photographische Platten mit metallischen Gegenständen belegt und in schwarzes Papier gewickelt sich befanden. Diese Versuchsobjekte konnten die Schichtseite der Platte nicht direkt berühren, sondern waren durch eine Lage Seidenpapier von derselben getrennt und wurden durch kleine Gummiringe befestigt. Die ganze Glasglocke schützten schwarze Decktücher vor dem Eindringen jeglichen Aussenlichtes. Schwefelwasserstoff zu entfernen, ist wegen seiner Einwirkung auf das Bromsilber der Platten notwendig: eine häufige Er-

neuerung der Bleiacetatlösung und das langsame und regelmässige Strömen des Gases gestattete, alle schädigenden Sulfidwirkungen zu verhindern.

Nach 2 $^1/_4$-tägiger Exposition, erhielt ich beifolgendes Bild eines Schlüssels mit durchbrochenem Griff.

Fig. 4.

Die nun folgenden Resultate wurden in Baden selbst mit dem pag. 9 beschriebenen Apparate zwischen dem 5. bis 12. Januar 1906 gefunden und zwar konnte durch die Bereitwilligkeit des Besitzers des Verenahofes der Apparat im Atrium dieses Hôtels neben der Verenahofquelle aufgestellt werden. Von einer Korrektur für die Zeit der Entnahme der Proben, konnte infolge dessen abgesehen werden, zumal die Entfernung zu den übrigen Quellen kaum 100 m. beträgt und die Proben nur bei Gebrauchsfertigkeit des Apparates eingefüllt wurden, d. h. wenn der letzte nachweisbare Rest induzierter Aktivität einer vorhergehenden Untersuchung aus dem Messraum verschwunden war.

Stark fühlbar machte sich der gesteigerte Zerstreuungs-

wert der Freiluft des Beobachtungsraumes. Durch die fortwährende Gasentwickelung ist dieselbe in beträchtlichem Maasse emanationshältig. Dieselbe Wahrnehmung ergab sich auch in den übrigen Teilen des Hôtels und aller in Quellennähe gelegener Gebäude. Der übereinstimmende Zerstreuungswert vieler Messungen unter der Glocke betrug 37.8 Volt/Stunde. während derselbe Apparat im Freiburger Laboratorium im Mittel 16.5 Volt/Stunde zeigte. Vergleiche Mache und Meyer (70, pag. 361).

Tabelle 1.

N°	Name	Volt / 15 Minuten Anfang	Volt / 15 Minuten Maximum	E. S. E. 10^3	Temperatur in Grad Cels.
	A. Quellgas.				
1	Verenahofquelle . . .	636	782.5	25.5	—
2	Kesselquelle	627	779.5	25.4	—
	B. Wasser.				
3	Kesselquelle	10.2	18.0	0.58	46.9
4	Wälderhut	4.8	17.9	0.58	48.0
5	Strassenquelle	11.4	14.8	0.48	46.9
6	Heisser Stein	7.2	14.8	0.48	46.6
7	Allgemeine Quelle . .	7.0	13.9	0.45	42.3
8	Adler-Quelle	3.9	12.5	0.37	39.9
9	Paradies-Quelle	10.8	11.3	0.36	46.4
10	Kleine Quelle	4.5	10.5	0.34	32.2
11	Limmat-Quelle	4.1	9.0	0.29	47.9
12	Verenahof-Quelle . . .	6.2	8.25	0.27	46.2
13	Kessel-Quelle (Ochsen) .	3.9	7.5	0.24	46.2
14	Bären-Quelle	7.4	7.4	0.24	45.3
15	Tote Quelle	7.4	7.4	0.24	38.0
16	Neue Quelle	3.7	7.3	0.24	46.4
17	Badewasser	0.5	1.25	0.03	28.0

Die Quellen sind hier ihrem quantitativen Gehalte an Emanation nach eingereiht. Alle unter den Rubriken $\frac{\text{Volt}}{15\ \text{Min.}}$ gemachten Angaben beziehen sich auf die Kapazität 8.8.

Die Temperaturen sind mit einem Normalthermometer bestimmt und beziehen sich auf die Entnahmestellen.

Diese Zusammenstellung zeigt wieder die schon von verschiedenen Autoren bestätigte Thatsache, dass sehr nahe beisammen gelegene, demselben Spalte entspringende und chemisch gleich konstituierte Quellen, hinsichtlich ihres Emanationsgehaltes doch Unterschiede aufweisen können. (Siehe Treadwell's Analyse 1896: Paradiesquelle und Neue Quelle.)

Im Verhalten gibt sich jedoch, mit Ausnahme von N° 14 und N° 15, Gleichartigkeit dadurch zu erkennen, dass alle übrigen Proben unter der Glocke ein deutliches Ansteigen der Joniesirung aufwiesen. Das Maximum selbst fand ich im Gegensatz zu den Beobachtungen an Proben aus anderen Badeorten z. B. Tarasp, Andeer, meist etwas früher (zwischen der ersten und zweiten Stunde) als gewohnt (nach ca. 3 Stunden).

Was nun N° 14 und 15 betrifft, so fiel hier die anfängliche Zerstreuungserhöhung in etwa einer Stunde auf den Wert der Zimmerluft also auf Null in meiner Bezeichnung. Von d. Borne (15, pag. 144) bemerkt ähnliche Unregelmässigkeiten bei Simplonwasser und deutet dieselbe durch eine mögliche Anwesenheit von Thorium als « Th-Symptom. » Die Quelle N° 14 liegt 80 m. von der Entnahmestelle entfernt, eine Beimengung anderer aktiver Stoffe ist nicht ausgeschlossen. Die Quelle N° 15 kann uns als eine Ansammlung von Wasser gelten, welches von der Wälderhutquelle her durch den Erdboden seitlich versickert ist.

Im übrigen liess sich Thorium nirgends nachweisen und es führen uns im Gegenteil, wie später pag. 39 dargethan wird, alle Umstände darauf hin, dass wir es in Baden mit fast ungemengter Radiumemanation zu thun haben.

Mit steigender Temperatur nimmt die Fähigkeit des Wassers Emanation zurückzuhalten ab (68 und pag. 29). Im Allgemeinen haben kältere Quellen einen höheren Absorptionskoeffizienten für Emanation. Wenn sich unter den in der Tabelle aufgeführten Quellen ein entsprechendes Verhalten nicht erkennen lässt, so dürfte dies vornehmlich dem Umstande zuzuschreiben sein, dass hier die kältesten Quellen auch zugleich die am wenigsten gut gefassten sind.

Dies trifft speziell bei N° 10 und N° 15 zu, welche nicht etwa aus anderen Sedimentschichten emporsteigen, sondern einfach keinen Quellschacht aufweisen, wie die übrigen Thermen. Sie können nur, wie schon oben erwähnt, als Sammelstellen im Erdboden verlaufener Wasseradern der übrigen Quellen gelten.

Es wurde auch dieselbe Quelle mehrmals auf dem Emanationsgehalt geprüft; es ergab sich z. B. für die Verenahofquelle im Mittel eine Zerstreuungsabnahme von 8.25 Volt, nur einmal fand ich an demselben Tage einen höheren Wert von 11.1 Volt; vergl. Tabelle 1.

Bezüglich der Zerstreuungswerte, welche in dem Quellgas beobachtet wurden, ist folgendes zu bemerken. Das Gas trat durch Trockenröhren und das System zur Ausgleichung des Druckes in den Messraum ein. Während des Durchleitens schwankte die Zerstreuungsgeschwindigkeit fortwährend auf und ab um Beträge, welche gegen die Anfangswerte [Verenahofquelle 636 Kesselquelle 627 Volt] um 5 bis 20 Volt differierten (vergl. Tab. 1).

Die angegebenen Anfangswerte sind Mittelzahlen sehr vieler Messungen. Nach dem Unterbrechen des Gasstromes und Beobachten des im Messraum eingeschlossenen Quantums Gas, zeigte sich sogleich ein Ansteigen bis zum Maximum.

Da hierbei aber der ganze Apparat gleichmässig mit emanationshaltigen Gasen erfüllt war und der Messapparat (Glocke, Trockenröhren etc.) in diesem Falle 12 Liter fasste, muss, um zu absoluten Zahlen zu gelangen, der Wert für den beobachteten Sättigungsstrom noch durch 12 geteilt werden. So erhalten wir also für 1 Liter Gas der *Verenahofquelle* einen Sättigungsstrom von 2.12×10^{-3} E.S.E. und für 1 Liter Gas der *Kesselquelle* einen Sättigungsstrom von 2.11×10^{-3} E.S.E.

Berechnung des Absortionskoeffizienten α für Badener Quellwasser bei verschiedenen Temperaturen.

Da die Untersuchungen, welche in Tabelle 1 zusammen-

gestellt sind, direkt neben der Verenahofquelle ausgeführt wurden, so besass bei Beginn der Messung die Wasserprobe aus der Verenahofquelle noch ihre natürliche Temperatur von 46.9° C, während jene der Kesselquelle entnommene Probe sich bereits auf 37.1° C abgekühlt hatte. Es berechnet sich nun das Verhältnis der Emanation von 1 Liter Wasser zu der Emanation von 1 Liter Gas, oder der Absorptionskoeffizient α nach Tabelle 1 pag. 26 und 28

für die Verenahofquelle bei 46.9° C
0.27 : 2.12 zu 0.12
für die Kesselquelle bei 37.1° C
0.58 : 2.11 zu 0.27

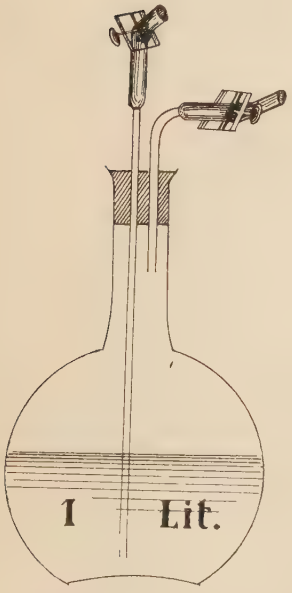


Fig. 5.

Für solche Messungen eignet sich ein 2 Liter fassender Stehkolben, welcher zwei Glasröhren verschiedener Länge als Zuleitungen enthält. Nachdem der Kolben ganz mit Quellwasser erfüllt ist, leitet man genau bis zur Hälfte des Volumens Quellgas ein und verschliesst die Röhrenenden durch Gummischläuche und Quetschhähne. Dann wird das Ganze eine halbe Stunde kräftig geschüttelt und Wasser und Gas einzeln auf den Emanationsgehalt geprüft.

Auf diese Weise behandeltes einen Tag altes Wasser, ergab pro Liter 39.1 Volt Zerstreuungszunahme in der Stunde, ein Liter Gas dagegen pro Liter und Stunde 122 Volt. Daraus berechnet sich der Absorptionskoeffizient für Quellwasser aus Baden bei Zimmertemperatur 39.1 : 122 zu 0.32

Hierin bestätigt sich die schon theoretisch wahrscheinliche Annahme, dass die Emanation mit dem Grade der Erhitzung aus dem Wasser verschwindet. Hierauf gründet sich eine Methode zur Messung der Emanation.

Wenn abgekühltes Quellwasser beim Durchschütteln mit Quellgas reichlicher Emanation aufnimmt, so muss diese als dissoziiertes Gas im Wasser zurückbleiben, während der aktive Bestandteil in die umgebende Luft übergeht, wenn Wasser frei an der Luft erkaltet. Dies geschieht z. B. in den Badekabinen, wo die Jonisierung der Luft nach Einfüllen des Badewassers in die Bassins auf das 3 fache ihres ursprünglichen Betrages steigt. Damit lassen sich vielleicht teilweise die Heilwirkungen der Badekur erklären.

Zerfallgeschwindigkeit der Emanation.

Da die Zerfallgeschwindigkeit der Emanation wichtige Schlüsse auf die Natur des aktiven Körpers gestattete, wurde sie an verschiedenen Proben untersucht, insbesondere durch Beobachtung einer Menge von 10 Liter Quellgas aus der Verenahofquelle genau ihr Verlauf festgelegt.

Die Fassung des Gases geschah hier, sowie bei allen übrigen Gasuntersuchungen in der von Curie und Laborde vorgeschlagenen Weise, siehe Figur 6, durch Füllen einer Korbflasche mittelst eines grossen Auffangtrichters unter Wasser.

Da in dieser Quelle das Gas zwar kontinuierlich emporströmt, nur alle 40 Sekunden aber ein stossweises, reichlicheres Aufperlen stattfindet, erforderte die Abfüllung von 10 Litern zirka $^3/_4$ Stunden Zeit. Diese Unregelmässigkeit in der Gasentwickelung mag wohl durch den sich wiederholenden Überdruck eines Nebenspaltes bedingt sein.

Bei der Aktivitätsbestimmung war hier nicht die oben beschriebene Durchlüftungsmethode angewandt worden, sondern durch Einströmenlassen von Wasser wurde das Gas aus der Korbflasche in den Glassturz getrieben; damit kein Überdruck sich geltend machte, war der Messapparat entsprechend evakuiert worden. Nachdem alles Gas sich in der Messglocke befand, zeigte der Druckausgleicher DD wieder normalen Druck an.

Aus diesen Messungen ergibt sich die Zeit, innerhalb

welcher die Emanation auf die Hälfte ihres Maximal-Wertes sinkt, zu 3.79 Tagen. (Siehe Kurve 1.)

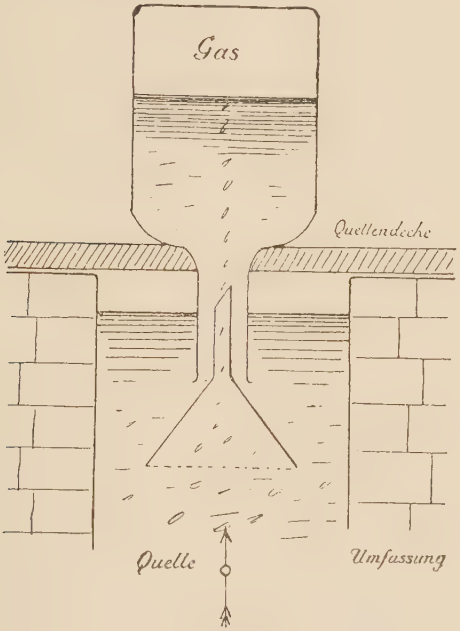


Fig. 6.

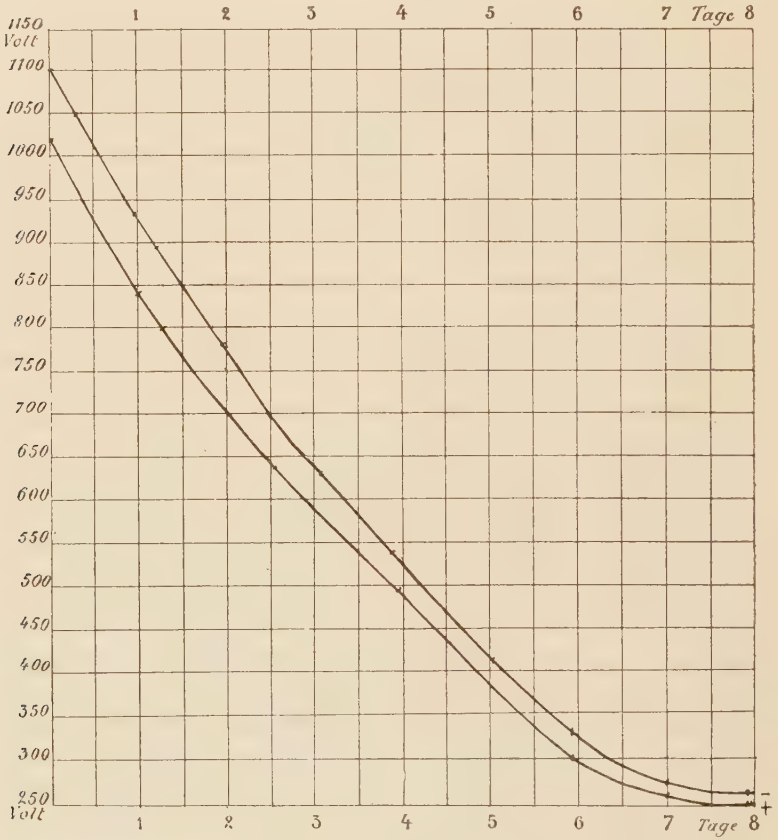
P. Curie fand für Emanation, die er direkt aus Radiumpräparaten entwickelte die « Halbierungskonstante » zu 3.99 Tagen und E. Rutherford auf gleiche Weise zu 3.71 Tagen. Der Wert für Baden liegt also zwischen diesen Grenzen.

Wegen des Ansteigens der Aktivität in den ersten drei Stunden, muss die « Zeit O » hier erst vom Maximum an gerechnet werden um eine regelmässige Kurve zu erhalten.

Der Grund eines erneuten schwachen Ansteigens der Aktivität vom 6 ten Tage an, wird bei der Beurteilung chemisch erzeugter Niederschläge besprochen werden.

Die Zerfallkurve der Emanation (Kurve N° 1) wurde in Freiburg zwischen dem 10. und 18. Januar 1905 erhalten, nachdem das Gas schon 1 $^1/_2$ Tage in einer gut verschlossenen Korbflasche gestanden hatte.

Um einen Schluss auf das Verhalten der Jonisation im Messraum zu gewinnen, wurde das Elektroskop abwechselnd positiv und negativ geladen. Dies musste natürlich mit der nötigen Vorsicht geschehen, um nicht eine nachwirkende Elektrizitätsneutralisation mit der zu prüfenden Emanation zu verwechseln; darum wurden die Elektroskopblättchen bei konträrer Ladung des Elektroskops stets mit dem betreffenden Pole wiederholt verbunden und wieder zur Erde abgeleitet.



Kurve N° 1.

Kurve für die Zerfallsgeschwindigkeit der Emanation des Badener Quellgases.

Bei negativer Ladung.		Bei positiver Ladung.	
Zeit in Tagen.	I in Volt/Stunden.	Zeit in Tagen.	I in Volt/Stunden.
0.004	1101	0.007	1021
0.28	1052		
0.979	931	0.998	839
1.229	896	1.25	797
1.958	774	2.57	636
3.612	630		
3.801	538	3.941	493
5.04	410		
5.924	328	5.933	301
7.01	274	7.02	262
7.95	262	7.951	251

Tabelle 2.

Hier zeigte es sich nun, dass die Zerstreuungsgeschwindigkeit bei positiver Ladung des Elektroskopes von Anfang an geringer war als bei negativer, sich aber vom zweiten Tage an der negativen Kurve allmählig näherte. — Ähnliche Erscheinungen haben die Herren Sarasin und Tommasina beobachtet. Sie erklären sich wohl durch das Absetzen von Radiuminduktion auf den Zerstreuungskörper (93).

Bei späteren Versuchen wurde aber in Übereinstimmung mit anderen Beobachtern und um die induzierte Aktivität stets unter denselben Bedingungen zu messen, nur noch positiv geladen.

Die Kurven N° 2 entsprechen der *induzierten Aktivität* welche sich nach erreichtem Maximum beim raschen Abheben, Ausblasen und Wiederaufstellen des Apparates auf die Glasglocke niedergeschlagen hatte.

Rutherford (Radioactivity, p. 262 und 273, Cambridge 1904) gibt als Charakteristica drei Anfangsstadien von Kurven an, welche er bei Aktivierung von Körpern mittelst Radiumpräparaten beobachtete.

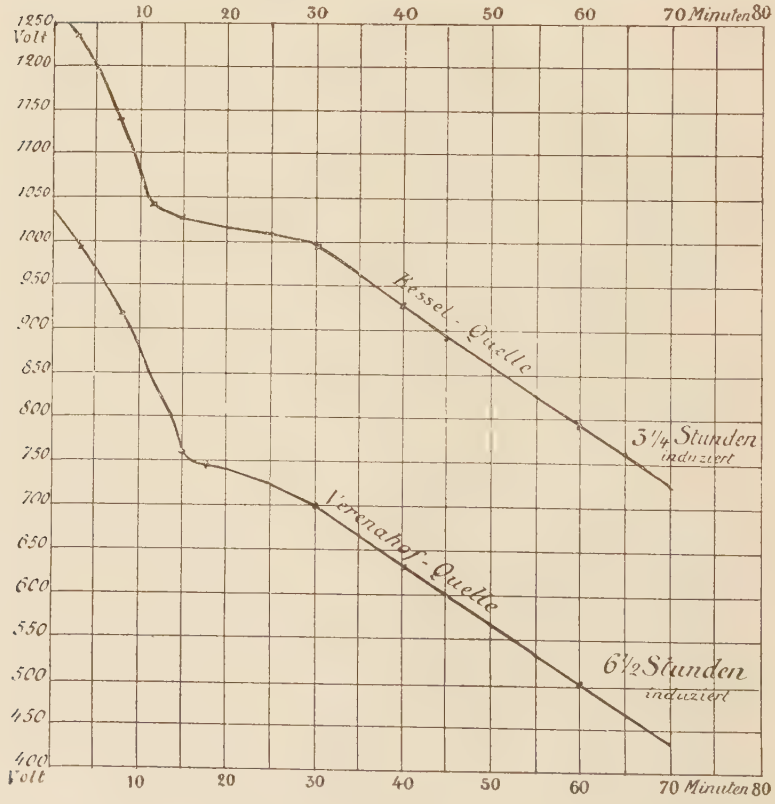
Es lassen sich auch hier drei Phasen erkennen: Erst ein rasches Absinken, dann ein ganz langsamer Verlauf, oft selbst ein Stillstand, und endlich ein regelmässiger Abfall.

Die mittlere Phase verkürzt sich um so mehr, je länger man die Expositionszeit wählt.

Wasser von Baden ergab stets ähnliche Kurven; insbesondere traten auch dann noch die Unregelmässigkeiten am Anfang hervor, wenn die Zerstreuungsgeschwindigkeit bei Untersuchung einer Wasserprobe nur wenig grösser war als die Zerstreuungsfähigkeit des leeren Apparates.

Nach etwa 4 Stunden sollte eine Glasglocke, nach der Kurve zu schliessen, frei von jeder Aktivität sein, aber durch Gummi, Ebonit und besonders auch Colophonium wird aktive Materie zurückgehalten, was es nötig macht, die betreffende

Induzierte Radioaktivität.



Kurve N° 2.

Kessel-Quelle.		Verenahof-Quelle.	
Zeit in Minuten.	I in Volt/Stunden.	Zeit in Minuten.	I in Volt/Stunden.
0	(ber.) 1279	0	(ber.) 1032
3	1239	3	998
8	1140	8	918
11	1044	15	756
15	1028	18	748
30	995	30	700
40	927	40	632
45	891	45	596
60	796	60	501

Tabelle 3.

Glocke vor einem neuen Versuche längere Zeit sich selbst zu überlassen. Dieser restierende Endwert ist bei der Ausführung der Kurve bereits durch Subtraktion berücksichtigt.

Was die *chemische Beschaffenheit* des Badener Wassers und Gases betrifft, so liegen schon vom Jahre 1730 an Analysen vor von Scheuchzer, Morell, Bauhof, Lövig und Müller. Es sei hier aber nur auf die ausgezeichnete Arbeit von F. P. Treadwell (1896) verwiesen: Chemische Untersuchung der Schwefeltherme von Baden, Aarau H. R. Sauerländer et Cie.

Es zeigt sich bei allen diesen Untersuchungen eine grosse Übereinstimmung bezüglich der Menge fester im Wasser gelöster Bestandteile. 10000 gr. Thermalwasser enthalten in Summa 43.452 gr. davon gelöst. Die Temperatur schwankt zwischen 46° C und 48° C. Der Ertrag aller Quellen zusammen betrug damals durchschnittlich 670.212 Minutenliter, nach der Messung vom 15. November 1905 dagegen 704.2 Minutenliter. Durch die inzwischen vollendete Fassung der Limmatquelle wird er jedenfalls noch etwas gesteigert worden sein.

Das frei aufsteigende Quellgas besteht nach Treadwell aus:

Stickstoff	69.15
Kohlensäure	30.80
Schwefelwasserstoff	0.05
Sauerstoff	0.00
	100.00 Paradisquelle.

Am 15. XII. 05 fand ich im Laboratorium

Stickstoff	69.85
Kohlensäure	30.10
Schwefelwasserstoff	0.05
Sauerstoff	0.00
	100.00 Verenahofquelle.

Die Zusammensetzung hatte sich also nicht wesentlich geändert.

Um nun zu verfolgen, welchem chemischen Bestandteil des Quellgases sich die Emanation gleich verhielt und an welchem sie gewissermaassen zu haften schien, wurden die 10 Liter Gas, welche sich entsprechend Kurve 1, dem Nullwert näherten, S. 32, am 6. Tage von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff befreit. Dies geschah, indem an den Messraum ein Gasometer angeschlossen wurde und dazwischen drei umkehrbare Waschflaschen: eine mit Bleiacetat und zwei mit analyt. Kalilauge. Durch wiederholtes Ansaugen und Wiedereinströmenlassen des Gases unter die Messglocke wurde der grösste Teil von Kohlensäure und Schwefelwasserstoff entfernt. Aus der Kurve ergibt sich ein relatives Ansteigen der Aktivität von diesem Zeitpunkte an oder genauer ausgedrückt: die Zerfallgeschwindigkeit hat sich verringert.

Schwefelwasserstoff und Kohlensäure sind demnach an der Aktivität unbeteiligt und schwächen dieselbe durch ihre Anwesenheit ab. Weiteres siehe unter « Argondarstellung ».

Untersuchung von Niederschlägen.

Wenn 10.0 gr. Urankaliumsulfat [von Merck, Darmstadt bezogen] feingepulvert, und auf einer Fläche von 315 cm^2 gleichmässig ausgebreitet wurden, so ergab sich eine in üblicher Weise korrigierte, Zerstreuung von 448 Volt pro Stunde.

Die Beobachtung geschah hier, in einem eigens konstruierten kleinen Messingapparat von 1 Liter Inhalt, welcher sich besonders für die oft kaum wägbaren Mengen zu

prüfender Rückstände eignete. Diese zylindrische Kapsel bestand im Wesentlichen aus zwei Teilen. Der Obere wurde zur Füllung abgehoben. Die untere Hälfte konnte dem Elektroskope durch einen kurzen röhrenförmigen Ansatz aufgesetzt werden. Durch den Hals des Elektroskopes führte zugleich der isolierte metallische Träger des Zerstreuungskörpers zum Blättchenpaar des Elektroskopes. Um bei diesen

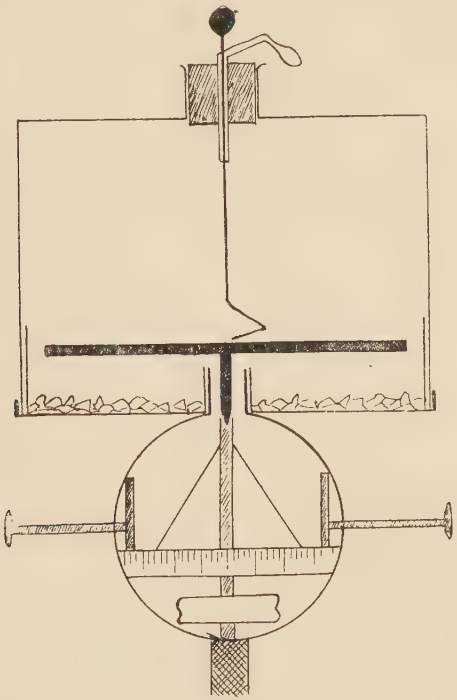


Fig. 7.

Messungen auch die Wirkung der α-Strahlen der Beobachtung unterziehen zu können, hatte der Zerstreuungskörper hier nicht eine zylindrische, sondern eine scheibenförmige Gestalt. Er befand sich in 2 cm. Abstand über dem zu prüfenden Niederschlage. Die Ladung des Elektroskopes erfolgte durch einen von oben isoliert eingeführten Metallstab, der natürlich nur während des Ladens mit dem Zerstreuungskörper (Scheibe) in Berührung stand.

Leer hatte das System im Mittel 1,9 Volt pro Stunde Verlust (in Zimmerluft). Wurden die beim Durchströmen von Badener Quellgas durch die Waschflaschen erhaltenen Niederschläge (Seite 36) getrocknet und dann einzeln untersucht, so ergab sich folgendes. 20 gr. Bleisulfid + Bleisulfat aus der Bleiacetatflasche waren inaktiv. 20 gr. Kaliumkarbonat aus Kalilauge kristalisiert abgeschieden, zerstreuten im Maximum 22 Volt-Stunde. Diese Zahl auf dieselbe Menge Urankaliumsulfat = 1 bezogen gibt:

0.024 Urankaliumsulfateinheiten.

Nach 5 ½ Monaten zeigte derselbe Carbonatniederschlag, welcher inzwischen gut verschlossen aufbewahrt worden war 12 Volt-Stunde oder 0.011 Urankaliumsulfateinheiten Zerstreuung. Es hatte sich in geringem Maasse Emanation nachentwickelt.

Diese Niederschläge konnten leicht bei längerem Durchleiten von Quellgas durch Waschflaschen, wie z. B. bei dem Seite 24 geschilderten photographischen Versuch, in grösserer Menge erhalten werden. Die schwache Aktivität dieser Niederschläge bestätigt die Annahme, dass das radioaktive Gas, ebenso wie der Stickstoff die Waschflaschen passierte, ohne absorbiert zu werden.

Um festzustellen, ob Thermalwasser radioaktive Substanzen gelöst enthalte, wurden in verschiedenen Proben diejenigen Gruppen von Elementen ausgefällt, welche gewöhnlich aktive Substanzen mit sich reissen. Dies geschieht aber bekanntermaassen viel energischer, wenn man vor der Ausfällung aktiver Elemente, der betreffenden Lösung chemisch verwandte Körper hinzugibt. So wird man z. B., um Radiumspuren niederzuschlagen, schon vorhandenes Barium nicht direkt als Sulfat abscheiden, sondern zuerst eine bestimmte Menge eines Bariumsalzes zu der Lösung hinzufügen und dann erst das Bariumsulfat ausfällen.

Um Fehler zu vermeiden, müssen natürlich die zur Verwendung gelangenden Chemikalien erst selbst auf Inaktivität vorgeprüft werden.

Ich machte folgende Hauptversuche: 7 Liter frischen

Quellwassers wurden mit einer Lösung von 35 gr. Kali-Alaun versetzt. Da das Thermalwasser selbst schon schwach alkalisch ist, fiel ein flockiger Hydroxyd-Niederschlag aus; nachdem derselbe mit Salzsäure in Lösung gebracht war, wurde mit Ammoniak ausgefällt.

Durch Glühen vertrieb ich die Hydrate und erhielt etwa 10 gr. Aluminiumoxyd; diese erwiesen sich als vollständig inaktiv.

Die Prüfung ergab, dass Thorium nicht in chemisch nachweisbarer Menge vorhanden war.

Aus 10 Liter heissem mit Salzsäure angesäuertem Thermalwasser, gewann ich durch Zusatz von 15 gr. Bariumchlorid und Fällung mit heisser starker Schwefelsäure etwa 20 gr. Sulfate (Barium-Calcium-Strontium-Sulfat). Treadwell findet in 10 Liter Thermalwasser

Calcium	5.14877 gr.
Strontium	0.06163 gr.
Barium	0.00000 gr.

Die dargestellten Sulfate hatten eine maximale Zerstreuungsfähigkeit von 6 Volt-Stunde. Das entspricht in Urankaliumsulfateinheiten 0.0069.

Nach 5 ½ Monaten war das Präparat inaktiv.

Die reichliche und fortwährende Gasentwickelung, welche sich an fast allen Badener Quellen findet, berechtigt zu der Vorstellung, dass hier das frei aufsteigende Quellgas, die Rolle übernimmt, welche bei den Laboratoriumsversuchen die durchgeblasene Luft spielt, d. h. es reisst die Emanation mit fort.

So erklärt sich der grosse Unterschied, welchen Gas und Wasser aus derselben Quelle bezüglich ihrer Aktivität aufweisen.

Sedimente der Badener Quellen.

Schon David Hess macht 1818 darauf aufmerksam, dass jegliches Bad, das mit Badener Thermalwasser vorschriftsmässig bereitet sei, ein zusammenhängendes Häutchen tragen müsse, und wenn dieses durchrissen sei, man ein schon be-

nutztes Bad vor sich habe. Diese durchscheinende graue Decke hat eine Dicke von 0,5 mm. bis höchstes 1 mm. und gleicht völlig jener eines künstlichen Kalkwassers. Sie wurde vielfach als Erzeuger des Hautausschlages bezeichnet, welcher bei längerer Badekur bisweilen auftritt.

Ein Sediment gleicher Zusammensetzung, wie das Häutchen auf den langsam erkaltenden Bädern, findet sich in fast allen Zuleitungsröhren der Bäder und hat dann bald ein schleimiges, bald ein an die weisse Schwefelmilch erinnerndes Aussehen; endlich setzt sich im Quellschachte, oberhalb des Wasserniveaus, eine durch Schwefel gelb getönte, teilweise kristallinische Kruste ab. Sie enthält in wechselnden Mengen freien Schwefel und freie Schwefelsäure v. Treadwell's Analyse pag. 41. Zu bemerken ist noch, dass in dieser Kruste eben so wenig wie beim Thermalwasser selbst auch nur eine Spur von Barium nachzuweisen gelang. Dieses Sediment erwies sich inaktiv und ist schon von Prof. Gockel ein Schwefelabsatz als unwirksam befunden worden, der vor 10 Jahren der Quelle entnommen wurde.

Durch die Freundlichkeit von H. Dr. Zehnder (Baden) erhielt ich eine Partie Schlamm, welche anlässlich des Umbaues der Limmatquelle entnommen war. Im frischem Zustande war seine Strahlungsmenge = 0,024 Urankaliumsulfat-Einheiten. Bei der chemischen Behandlung blieb fast die ganze Aktivität in dem in conc. Salzsäure unlöslichen Teil. Doch schon nach 10 Tagen war bei den einzelnen Präparaten jede aktive Eigenschaft verschwunden. Da dieser Schlamm kein einheitliches Sediment, sondern mehr ein durch die Quellenthätigkeit gebildetes Zersetzungsprodukt des dortigen Keupers ist, scheint dieser selbst nur induziert und die radioaktive Substanz aus tieferen Schichten zu stammen. Wahrscheinlich gehören diese der gleichen Formation worin sich das Quellwasser auch mit den anderen mineralischen Bestandteilen anreichert, nämlich dem Muschelkalk. Letzterer liegt aber in Baden direkt nicht frei und durch die Quellspalten wird man schwerlich bis auf ihn gelangen; wünschenswert wäre es das Ganggestein der Quellen auf seine Radioaktivität zu untersuchen!

Spezielle Gasanalytische Untersuchung.

Argondarstellung.

Nachdem die Messungen am Badener Gas gezeigt hatten, dass nach Absorption der Kohlensäure und des Schwefelwasserstoffs, der Rest des nunmehr aus Stickstoff + Argon bestehenden Quellgases nicht schwächer aktiv war als das ursprüngliche Gemisch, sondern vielmehr ein relatives Ansteigen des Zerstreuungsvermögens eintrat, erwies es sich als notwendig auch den Stickstoff zu entfernen und dadurch den Träger der Radioaktivität zu isolieren.

Bei den meisten von anderen Autoren untersuchten natürlichen Gasen, war eine hohe Radioaktivität mit einem ebenfalls starken Prozentgehalt an Stickstoff und dem Vorhandensein von Argon verbunden.

Der Apparat, welcher zur völligen Absorption des Stickstoffs angewandt wurde, soll im Folgenden beschrieben werden.

Das zu untersuchende Gas wurde in einem graduierten Gasometer G gesammelt, unter alleiniger Anwendung gasgesättigten Quellwassers, sowohl zum Einfüllen des Gases als zum Verdrängen bestimmter Volumen. Das Gas durchstrich nun die Woulff'schen Flaschen W', W'' und W''': (siehe nächste Seite) diese waren mit Absorptionsflüssigkeiten beschickt, welche der Zusammensetzung des betr. Gases entsprachen z. B. Bleiacetat, Kalilauge, resp. alkalischem Pyrogallol etc. Weil in den Flaschen W', W'' und W''' die eingeschlossene Luft erst durch Quellgas verdrängt werden musste, wurde das Luftquantum über den betreffenden Flüssigkeiten durch möglichstes Auffüllen auf ein Minimum reduziert. Nun gelangte das Gas durch eine Phosphorpentoxyd-Trockenröhre, der gewöhnlich noch eine Woulff'sche Flasche mit conc. Schwefelsäure vorgeschaltet war, in den Dreiweghahn D' und damit in das System R' — V — R''.

Zu bemerken ist, dass bei dem ganzen Apparat nur dickwandiger Saugschlauch zur Verwendung kam, in welchem die zu verbindenden Glasröhrenenden sich direkt be-

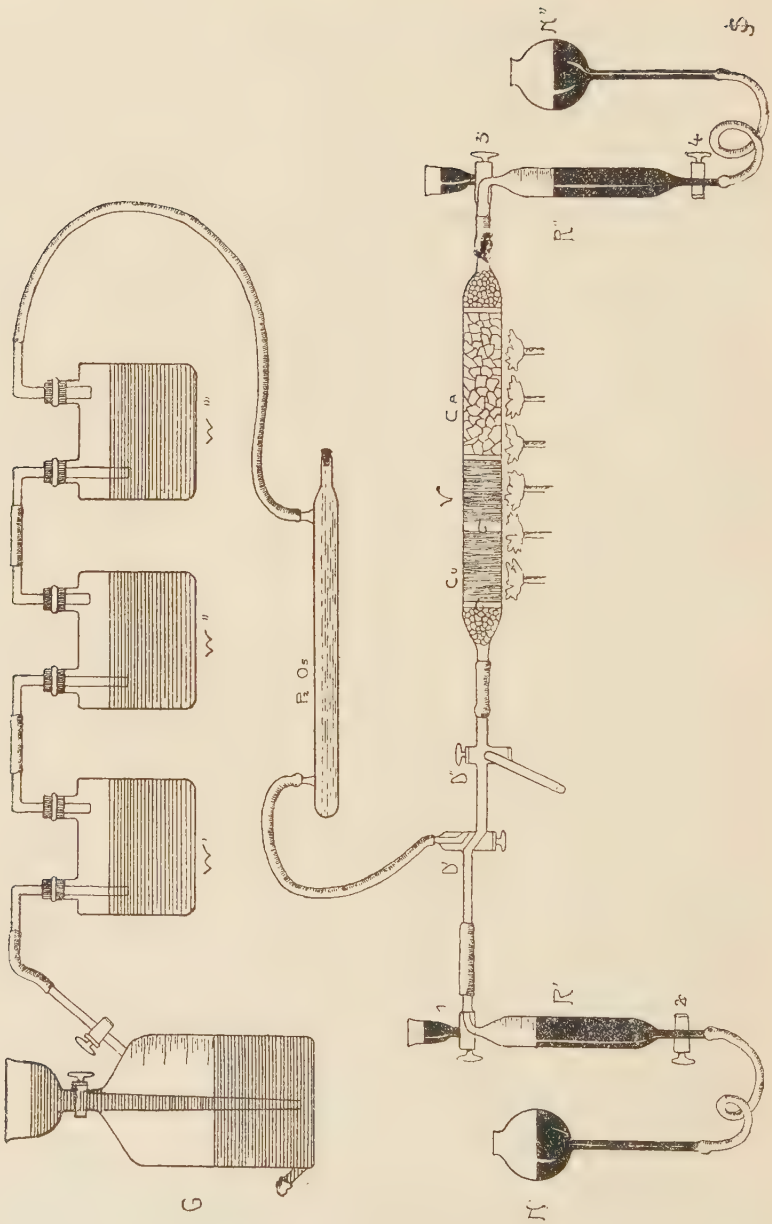


Fig. 8.

rührten und wobei zudem Drahtligaturen jedes Undichtwerden verhinderten. R′ und R″ sind graduierte, gläserne Gasbüretten von je 120 cc Inhalt, welche oben Zweiweghähne (1,3) und unten einfache Glashähne (2,4) besitzen. Unter letzterem trägt jede Bürette einen 70 cm. langen Schlauch, welcher zu der zirka 130 cc. fassenden Niveaukugel N′ resp. N″ führt. V ist eine Verbrennungsröhre aus böhmischem, besser jenenser Glase, an beiden Enden zur gleichen lichten Weite wie die übrigen Röhrenteile ausgezogen, nämlich 1,5 mm. Der weitere Teil V ist 65 cm. lang und zur guten Hälfte mit der unten beschriebenen Absorptionsmischung für Stickstoff gefüllt, er enthält ferner zwei frisch reduzierte Kupferspiralen und an beiden Enden je eine Schicht gut ausgeglühter Granaten. Diese dienen hauptsächlich dazu in den kühl zu haltenden Enden das Gas zu verdrängen und etwa eindringendes Quecksilber zurückzuhalten.

Was die Absorptionsmischung anbetrifft, so machte ich mannigfache Versuche mit Magnesium-Calciumoxyd Gemenge, Magnesium allein etc. und blieb schliesslich bei metallischem, elektrolytisch dargestelltem Calcium. Es hat den Vorteil, dass es sehr lange gebrauchsfähig bleibt, gleichmässig wirksam ist, Wasserstoff und Kohlensäurereste ebenfalls bindet und sich in kleinere Stücke zerschlagen, in den Röhren nicht bedeutend ausdehnt. Obgleich Calcium-hydrür schon bei 600° dissoziiert, liess sich seine Bildung nachweisen, durch die lebhafte Zersetzung von Wasser. Mit einem von Maquenne-Moissan C.R.C XXXVII. 1903. p. 600 angegebenen Gemenge 10 gr. Mg, 50 gr. CaO, 2,5 gr. Na habe ich keine guten Erfahrungen gemacht, weil das zur Rotgluht erhitzte Natrium regelmässig die Verbrennungsröhre angriff. Für eiserne Rohre, welche ich nicht rechtzeitig erhalten konnte, mag sich indessen diese Mischung bewähren.

Soll nun der Apparat gefüllt werden, so hebt man zunächst N′, welche Kugel reines Quecksilber enthält, und treibt dieses bis zum Dreiweghahn D′, worauf man D′ schliesst. Gleicherweise wird vermittelst N″ das Messgefäss R″ vollständig mit Quecksilber erfüllt und hierauf Hahn 3 geschlos-

sen. Jetzt wird mit einer Quecksilberluftpumpe durch D″ von D′ bis 3, also D″ und V vollständig evakuiert und auf Dichtigkeit geprüft: in einem an der Pumpe eingeschliffenen Spektralrohr, welches noch eine Phosphorpentoxyd-Kugel von dem System trennt, müssen Kathodenstrahlen erscheinen. Die Flammen unter V werden vorsichtig angezündet und ein durch die Wärme sich bildender Überdruck durch die Pumpe beseitigt. Indem wir N′ langsam senken und D′ entsprechend umdrehen, saugen wir aus G durch die Waschflaschen in schwachem Strome 100 cc. Gas, welche in R′ als Stickstoffmischung anlangen, vermindert durch den Abgang der zurückgehaltenen Bestandteile. Wir schliessen alsdann D′, drehen D″ so, dass nur die Quecksilberluftpumpe ausgeschaltet wird, öffnen dann rasch hintereinander D′ und 3, indem wir direkte Verbindung herstellen über R′ — 1 — D′ — D″ - V — 3 — R″.

Sobald nun das Calcium in der Absorptionsröhre V, welche durch einen kleinen Verbrennungsofen (13-Brenner) in geeigneter Weise erhitzt wird, sowie auch die Cu-Spiralen, die Rotgluht erreicht haben, hebt man N′, senkt anderseits N″ entsprechend und saugt so das Stickstoffhaltige Gas über V hinweg in R″. Von hier wird es umgekehrt, durch Heben von N″ und Senken von N′ nach R′ zurückgebracht.

Man wird bald die regelmässige Verringerung des Gases an den Skalenteilen von R′ und R″ erkennen. Von Zeit zu Zeit soll das Gas rasch durch das System gedrängt werden. Das geschieht, indem man z. B. Hahn 1 schliesst, N′ bis zu dessen Niveau hebt und N″ anderseits senkt. Öffnet man nun 1, so wird das Gas sehr rasch nach R″ zurückbefördert. Die dadurch bedingte Vermischung bewirkt eine bessere Absorption. Die Hähne 2 und 4 dienen dazu den Druck genauer zu regeln, falls man durch zu tiefes Senken oder zu hohes Heben der Niveaukugeln N′ und N″ Verluste an Quecksilber oder Gas hervorrufen könnte. Das Gas soll natürlich nie tiefer als bis zum unteren Bürettenhahn angesogen werden.

Hat nun das Calcium das Stickstoffgemisch bis auf wenige Kubikzentimeter absorbiert, so treibt man alles Gas,

nach R″ und lässt aus R′ Quecksilber bis D′ steigen. Sobald D′ geschlossen ist, senkt man Niveaukugel N′ und saugt, nachdem D′ entsprechend gedreht ist, neue 100 cc. aus dem Gasometer G ab, stellt dann wieder Verbindung nach R″ her und setzt die Gasabsorption wie oben angegeben fort.

Am sorgfältigsten ist darauf zu achten, dass kein starker Überdruck herrscht, weil die Verbrennungsröhre V durch Aufblähungen bei der Rotgluht sehr leicht undicht wird und dabei die ganze Bestimmung verloren geht. Ein zweiter Fehler stellt sich leicht ein, wenn man mit dem Erhitzen schon während dem Evakuieren sehr hoch geht. Die Röhre V fällt alsdann zusammen und verstopft so dem Gasgemisch den Durchgang. Trotzdem die Absorptionsröhre oft noch mit einem feinmaschigen Eisendrahtnetz umgeben war, konnte dieselbe doch selten für mehrere Messungen benutzt werden. Ist man aus diesen oder ähnlichen Gründen gezwungen die Röhre V durch eine andere zu ersetzen, so schliesst man D″ und 3, evakuiert die neue Röhre V durch passende Stellung von D″ mittelst der Quecksilberluftpumpe und fährt nach Ausschluss der Pumpe mit der Absorption fort. Das in der ersten Röhre V zurückgehaltene Gasgemisch aber treibt man am Besten durch Kohlensäure aus und fängt es über Kalilauge auf, von wo es wieder nach R″ getrieben wird. Ganz ebenso verfährt man, um nach 2-3 Stunden Hin- und Herbewegens, wenn nichts mehr absorbiert wird, alles Gas quantitativ in einer der beiden Messbüretten aufzufangen.

So fand ich nach vielen Probeversuchen folgende Resultate:

Bestimmung 1.

Menge des angewandten Quellgases drei Liter. Menge des Gasrestes, frei von Kohlendioxyd, Schwefelwasserstoff und Sauerstoff, 2095 ccm. (Berechnet nach der Analyse, verbleiben 2096 ccm.). Menge des von Stickstoff befreiten Gases, welches nicht weiter absorbierbar zurückblieb, in der Hauptsache Argon, 36.9 ccm.

Berechnet man das Volumen des Argons in Prozenten, bezogen auf den absorbierten Stickstoff, so ergibt sich

$$2095 : 36.9 = 100 : X_1$$

$$X_1 = 1.76\ \%$$

Berechnet man aber die Menge des Argons für das im Ganzen angewandte Quellgas, so findet man

$$3000 ; 36.9 = 100 : X_2$$

$X_2 = 1.23\ \%$ Argon.

Bestimmung 2.

Angewandt	2500 ccm.
Stickstoffgemisch	1746 ccm.
Unabsorbierbarer Gasrest	31.5 ccm.

Berechnet man die Volumprozente des Argons bezogen auf die Menge des vorhandenen Stickstoffs

$$1746 : 31.5 = 100 : X_1$$

so findet man $X_1 = 1.80\ \%$ Argon.

Berechnet auf Quellgas

$$2500 : 31.5 = 100 ; X_2$$ so ergibt sich

$X_2 = 1.26$ Vol. % Argon.

Bestimmung 3.

Angewandt	3000 ccm.
Ursprüngliches Stickstoffgemisch	2100 ccm.
Unabsorbierbarer Gasrest	34.7 ccm.

Daraus berechnen sich die Volumenprozente des Argons, bezogen auf die Menge des vorhandenen Stickstoffs

$$2100 : 34.7 = 100 : X_1$$

$$X_1 = 1.65\ \%$$ Argon.

Berechnet auf die angewandte Menge Quellgas

$$3000 : 34.7 = 100 : X_2$$

$X_2 = 1.15$ Vol. % Argon.

Mittel von X_2 aus allen drei Bestimmungen

1.20 Vol. % Argon.

Dass der unabsorbierbare Gasrest aber wirklich **Argon** *enthielt*, wurde in folgender Weise spektralanalytisch festgestellt.

Ein Spektralrohr mit Quarzfenster konnte durch einen Schliff auf der Quecksilberluftpumpe aufgesetzt werden; eingeschaltet wurde noch eine kleine Kugel mit Phosphorpentoxyd.

Zur Füllung der Spektralröhre wurde bei Messungen der Lage der Linien direkt aus dem betreffenden Gasreservoir Argon ausgepumpt oder bei qualitativen schon während des Absorbierens öfters Proben abgesaugt, zur Kontrolle der fortschreitenden Gasreinigung. Immer aber wurde nach dem Erniedrigen des Druckes auf einige mm. noch 2-3 mal frisches Gas in die Spektralröhre gefüllt und erst nach erneutem Evakuieren das Spektrum beobachtet. Durch das mehrmalige Einströmenlassen von neuem Argon und darauffolg. Leerpumpen mussten die letzten Luftreste aus der Spektralröhre verdrängt werden. In einen Nebenschluss des Induktoriums war eine Funkenstrecke, sowie eine Leydenerflasche von 30 cm. Höhe eingeschaltet.

Das Spektrum, welches ich bei einem Drucke von 1 mm., resp. 3 mm. erhielt, unterschied sich von demjenigen der Vorversuche mit Argon, dargestellt aus Luft, nicht und war namentlich frei von Stickstoffbanden. Zum Zwecke der Vorübung war nämlich eine Menge von 14 Liter Luftstickstoff dargestellt und diese dann in verschiedenen Partien zu Argon aufgearbeitet worden. Die Linien, welche die Anwesenheit des Argons charakterisieren und sich bei jeder Einzelbestimmung in gleicher Weise einstellten, sind, in Wellenlängen $\mu\mu$ ausgedrückt, die folgenden:

λ 517	λ 450	λ 420

Nebst diesen Hauptlinien, erschienen noch im Spektrum

λ 707	λ 696	λ 574
λ 564	λ 561	λ 559
λ 545	λ 513	λ 510
λ 500	λ 433	

Zuweilen erschienen noch die Linien λ 656 und λ 486, welche das Vorhandensein von Wasserstoff verrieten. Dieser konnte schon von einer Absorption an den Elektroden

herrühren und liess sich bei weiteren Versuchen zurückdrängen. Auch die Einschaltung eines zweiten Phosphorpentoxyd-Rohres trug zur Beseitigung einer Spur Wasserdampfes bei, welche bei der ersten Bestimmung durch die schwache Linie λ 617 nachzuweisen war und damit eine minimale Spur Sauerstoff bezeichnete [1]).

Trotzdem diese Spektraluntersuchungen sehr häufig angestellt wurden, konnte, abgesehen von der Änderung des Gasdruckes, keine Veränderung des Spektrums wahrgenommen werden, und selbst nach wochenlangem Liegen der Röhre, als die Dichtigkeit des Verschlusses bereits nachliess, war noch keine Spur einer Heliumlinie zu erkennen.

Dass sich die Emanation chemisch wie das Argon verhalten hatte, bewies ferner die Prüfung der Zerstreuungsfähigkeit dieses Gasrestes. Zu diesem Zwecke wurden 20 ccm. des Argons direkt in den Messraum eingeführt. Dies geschah in der Weise, dass beide Gasbehälter R′ und R″ mit der Glasglocke verbunden wurden. Enthielt R′ das Gas, so war R″ vollständig mit Quecksilber erfüllt. Zuerst saugte ich 20 ccm. Luft aus der Glocke in R″ und liess gleich darauf durch Öffnen von R′ ebensoviele ccm. Argon einströmen. So wurde ein Überdruck im Beobachtungsraum nach Möglichkeit vermieden.

Es ergaben nun 20 ccm. des Argons, 8 Tage nach der Fassung des Quellgases aus der Verenahofquelle 105 Volt Zerstreuungszunahme pro Stunde, oder pro Liter und 15 Minuten

1312.5 Volt.

Die zur Darstellung des Argons angewandte Menge von 3 Liter Quellgas, ergab aber zu derselben Zeit pro Stunde 75.6 Volt, oder pro Liter und 15 Minuten

6.3 Volt.

[1]) H. Prof. Bistrzycki hatte die Güte mich darauf aufmerksam zu machen, dass mein Argon Kohlenmonoxyd enthalten könnte. Im Spektrum konnte ich es jedoch nicht nachweisen. Vergl. Rose-Finkener, Analytische Chemie, II. Bd. S. 918.

Demnach ergiebt das gesamte Argon von 35.8 ccm. einen Abfall von 47 Volt in 15 Minuten und es verhält sich dessen Aktivität zu jener des Ausgangsmaterials von 3 Liter Quellgas

wie 248 zu 1

oder relativ gerechnet: Ausgangsmaterial und Argon pro Liter und 15 Minuten, wie 1312.5 zu 6.3, also wie

208.3 : 1.

Leukerbad.

Dieser Kurort liegt 1411 m. über Meer. 3 Stunden oberhalb des Dorfes Leuk im Kanton Wallis. Das Querthal der Dala verbindet das Bad mit dem Rhonethal. Die Quellen, 20 an der Zahl, besitzen eine Temperatur, die zwischen 40° und 51° C schwankt.

1 Liter Thermalwasser enthält nach Lunge: 1.947 gr. feste Substanzen, darunter:

Calciumsulfat	1.42866	Calciumkarbonat	0.09650
Strontiumsulfat	0.00194	Magnesiumkarbonat	0.02066
Magnesiumsulfat	0.26912	Chlornatrium	0.01127
Natriumsulfat	0.08715	Silicate	0.03020

Da sich auf dem Thalgrunde, aus welchem die Quellen austreten, eine beträchtliche Ablagerung quaternärer Formationen befindet, die Quellen aber eine hohe Temperatur besitzen, so ist es wahrscheinlich, dass das Wasser längere Zeit den Triasschichten folgt oder darin stationiert. Die frühere Annahme, dass die Quellwässer aus jener Regenmenge herstammen, welche auf die zunächst liegenden Gebirge mit abgedeckter Triasschicht niederfalle, erscheint nicht haltbar.

Herr Dr. med. Bayard hatte die Güte, mir einige Flaschen Thermalwasser zuzusenden. Dieses kam gut verschlossen an und wurde 48 Stunden nach der Abfüllung an den Quellen im Laboratorium untersucht.

1. Lorenz-Quelle.

Gefunden: Maximum der Zerstreuungsfähigkeit nach 2 $^1/_2$ Stunden unter Abzug der Luftzerstreuung 31.5 Volt Stunde im Liter. Daraus berechnet sich die Mache'sche Zahl ($i \times 10^{-3}$) zu *0.26*.

Abfallsgeschwindigkeit:

Nach 1.37 Tagen 6.1 Volt/15 Minuten.
» 2.65 » 5.0 » »
» 4.01 » 3.5 » »

Daraus Halbwert 3.68 Tage (vergl. S. 31).

Induzierte Aktivität: Zeit in Minuten.

	I_0	I_{10}	I_{15}	I_{20}
(ber.)	24	13	9.1	0

Volt/Stunde. Halbwert = 12 Min.

2. Ross-Quelle.

Die Proben waren durch starken Kalkgehalt getrübt.

Gefunden: Maximum nach 3 Stunden 52 Volt/Stunde.

Luftzerstreuung 49.2 Volt/Stunde.

Also 2.8 Volt/Stunde.

oder $i \times 10^3 = 0.02$.

Diese Werte liegen nahe den Fehlergrenzen.

Untersuchung von Thermalschlamm und Niederschlägen.

Bei Anwendung einer grösseren Substanzmenge wurde ein Zinkteller von 25 cm. Durchmesser, welcher in der Mitte durchbohrt war, dem Elektroskopträger aufgeschraubt, sodass das Elektroskop selbst direkt über dem zu messenden Sediment stand. Wenn zu einer Beobachtung solche oder ähnliche Hilfsapparate benötigt wurden, erfolgte die jeweils vorhergehende Ermittelung der Zerstreuung des leeren Systems stets unter Mitberücksichtigung dieser Accessorien.

So gefunden: normaler Voltabfall 57.5 Volt/Stunde.

Nachdem hierauf 50 gr. des getrockneten Leuker Schlammes in möglichst gleichmässiger, dünner (1—2 mm.) Schicht auf dem Zinkteller verteilt waren, ergab sich im Maximum 110.5 Volt/Stunde also nach Abzug der Luftzerstreuung 53 Volt/Stunde oder auf Urankaliumsulfat = 1 bezogen 0.023.

Dieselben 50 gr. Schlamm erhitzte ich auf 250° C im Verbrennungsrohr und fand unter Anwendung der Zirkulationsmethode (Seite 10) und Einschaltung eines Calciumchlorid-Turmes mit Wattepfropfen 28.1 Volt/Stunde. Wurde endlich zur Rotgluht vorgeschritten, so ergab sich völlige Inaktivität. Dasselbe Resultat erhielt ich mit neuen Substanzmengen [1]).

[1]) W. Makower findet ebenfalls ein rasches Abfallen der Aktivität bei hohen Temperaturen. Beiblätter Bd. 30, N° 12, 96.

Wenn es sich nicht um chemische Einzelniederschläge handelte, bestimmte *Strutt* (96) allgemein die Radioaktivität in Sedimenten, indem er sie in Verbrennungsröhren erhitzte und alles entwickelte Gas unter Quecksilber auffing.

Ob nun die Zerstörung der ionisierenden Eigenschaften des Leuker Schlammes sich durch Absorption eines Teiles der Ionen im Apparate selbst oder anders wie erklären lässt, sei dahingestellt.

Jedenfalls liessen die Umstände darauf schliessen, dass hier eine sehr rasch abklingende Emanation vorhanden sei, welche mit den zur Verfügung stehenden Apparaten nur äusserst schwierig und unsicher nachzuweisen war.

Es schien darum interessant, durch eine chemische Trennung des Sedimentes zu einem Aufschlusse über die Natur des vorhandenen aktiven Körpers zu gelangen.

100 gr. des trockenen Schlammes wurden mit konzentrirter Salzsäure erwärmt, bis sich kein Gas mehr entwickelte. Dieses letztere bestand, abgesehen von Salzsäuredämpfen, aus Kohlendioxyd; es erwies sich von ersteren befreit und getrocknet beträchtlich aktiv (200 Volt/Stunde).

Der kiselsäurehaltige, unlösliche Rückstand erwies sich als inaktiv. Ebenso die aus der neutralisierten Salzsäurelösung durch Schwefelwasserstoff bewirkte Fällung.

Die filtrierte Flüssigkeit wurde dann zur einen Hälfte mit Ammoniak und Ammoniumhydrosulfid auf Hydroxide und Sulfide verarbeitet; zur anderen Hälfte mit Bariumchlorid-Lösung versetzt und mit heisser Schwefelsäure die Sulfate ausgeschieden.

Bei der Trocknung dieser Niederschläge, sowie bei ähnlichen Bestimmungen, wurde thunlichst eine starke Erwärmung vermieden und, wenn möglich, nur Exsiccator und Sonnenlicht benutzt.

Der Ammoniak-Niederschlag und die Sulfide zeigten nur unmerkliche Aktivität. Die Bariumsulfat-Fällung dagegen von etwa 15 gr., zerstreute anfangs 6 Volt/Stunde.

Nach 12 Tagen stellte sich eine höchst sonderbare Erscheinung ein, welche am Tarasper Bariumsulfat-Niederschlag

ebenfalls beobachtet wurde. Die Anwesenheit dieses Präparates erniedrigte nämlich, die normale Zimmerluftzerstreuung des Apparates, welche normal zwischen 50–52 Volt/Stunde schwankte.

Aus wiederholten Beobachtungen, welche auch mit abwechselnd entgegengesetzten Elektrizitätsladungen vorgenommen wurde, ergab sich im Mittel folgende Veränderung der Zimmerluftzerstreuung.

Zeit in Minuten. I = Volt/Stunde.

I_{15}	I_{30}	I_{45}	I_{60}	I_{90}	I_{120}
40.2	38.1	36	34.5	33	27.2

Tiefer als bis zur Hälfte des gewohnten Voltabfalls sank dabei der Wert nicht und nur wenn die Messglocke das Präparat mehrere Tage eingeschlossen hatte, war das Bestreben der beobachteten Zerstreuung sich dem normalen Punkte zu nähern unverkennbar, wenn derselbe auch dann nicht völlig erreicht wurde.

Um festzustellen, dass diese Eigenschaft dem dargestellten Sulfat und nicht den angewandten Chemikalien zukomme, untersuchte ich 50 gr. unseres Bariumchlorids, fand jedoch nur eine sehr schwache pos. Aktivität [2 Volt/Stunde]. Eine Erklärung der geschilderten Erscheinung vermag ich nicht zu geben.

Einer hygroskopischen Eigenschaft des Niederschlages kann dieselbe nicht zugeschrieben werden, weil das Entziehen der Feuchtigkeit der Luft im Messapparate ja das Gegenteil bewirken müsste. Dass weiter dies Verhalten nicht von neutralisierend wirkenden Dämpfen herrührte, zeigte sich bei starkem Erhitzen und neuer Prüfung des Sulfates auf seine Zerstreuungsfähigkeit unter der Glocke. Erst wenn bis zur Rotgluht erhitzt wurde, verschwand die beobachtete Eigentümlichkeit.

Aus dem in Salzsäure löslichen Teile neuer 100 gr. Schlamm fällte ich ohne vorherigen Zusatz von Bariumchlorid mittelst starker Schwefelsäure die Sulfate der Erdalkalien.

Nachdem die in Nitrate verwandelten Sulfate zur Trockne verdampft und durch wiederholtes Digerieren mit absolutem Alkohol vom Calcium möglichst befreit waren, darauf noch eine Spur Strontium abgeschieden war, hinterblieb ein

Rückstand von 0.220 gr. Dieser ergab eine Aktivität von 10,2 Volt/Stunde, während alle übrigen abgeschiedenen Auszüge sich als inaktiv erwiesen.

Die gesuchte Substanz hatte sich also wie Radium verhalten, welches sich mit Barium zusammen isolieren lässt. Da nun solche Niederschläge im Allgemeinen erst nach Verlauf eines Monats ihrem Maximalwert der Zerstreuungsfähigkeit erreichen, so deutete das Ansteigen der Aktivität des Präparates nach 4 Wochen auf 17 Volt/Stunde zur Genüge darauf hin, dass der Thermalschlamm von Leuk *Radium* enthalte.

Der Rückstand von 0.220 gr. Bariumchlorid + X, erhalten aus 100 gr. Schlamm, war bei der Messung auf einem zu quantitativen Bestimmungen dienenden Filter ausgebreitet und wurde nach Verbrennen desselben gewogen.

Die Aktivität, bezogen auf eine gleiche Menge des ursprünglichen Sedimentes, übertraf diese um das 73-fache; bezogen auf Urankaliumsulfat = 1, ergab sich der Wert *1.72*.

Ein Versuch, neu hergestelltes Bariumsulfat aus Thermalschlamm in Carbonat umzuwandeln und mittelst Bromwasserstoffsäure und Ammoniak zu reinigen, führte zu keiner grösseren Konzentration des aktiven Stoffes.

Um zu prüfen, ob mehrere Wochen alter Schlamm neue Emanation zu entwickeln im Stande sei, wurde in eine 5 Liter fassende Glasflasche 250 gr. Sediment gebracht und die Flasche 3 Tage lang verschlossen stehen gelassen. Beim Einleiten der über dem Schlamm gestandenen Luft in den Messapparat ergab sich 8 Volt/Stunde Zerstreuungszunahme. Es war also noch Emanation entwickelt worden.

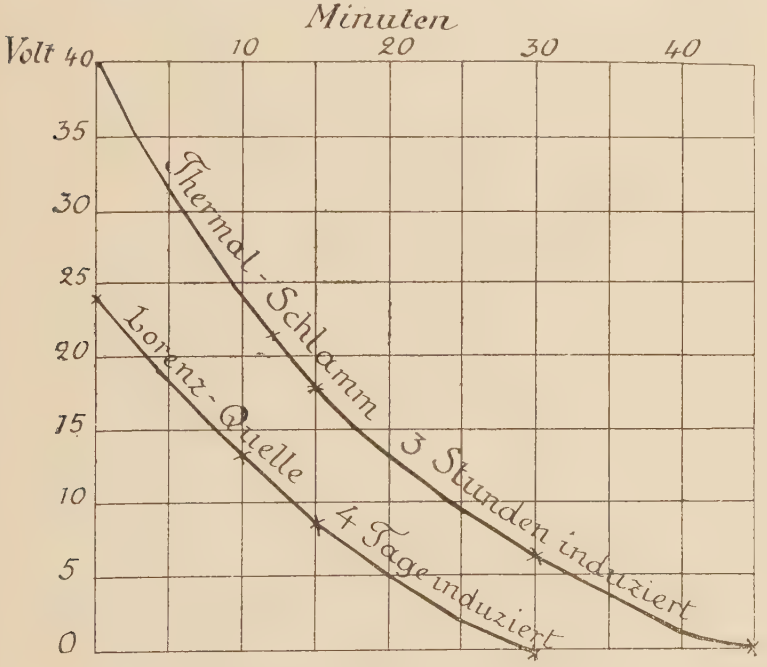
Die *Induzierte Aktivität*, welche 100 gr. nicht gelagerten Thermalschlammes hervorrief, verhielt sich in ihrem Abklingen jener durch Quellwasser bedingten analog. Während 3 Stunden war zu diesem Zwecke ein Drahtnetz isoliert über dem Schlamme aufgehängt und gleichzeitig durch Verbinden mit dem negativen Pol einer Trockensäule auf ein Potential von ca. 250 Volt geladen worden.

Werte der Abklingung in Volt/Stunde. Zeit in Minuten:

	I_0	I_{12}	I_{15}	I_{30}	I_{45}
(ber.)	40	22.1	17.9	6	0

Halbwert 13.5 Minuten (siehe Figur 3).

Da bei verschiedenen Messungen der Abklingung induzierter Aktivitäten sich insbesondere in dem letzten Teile der Kurve Unregelmässigkeiten eingestellt hatten, musste nach der Ursache dieser Störung gesucht werden. Bei einer Mess-



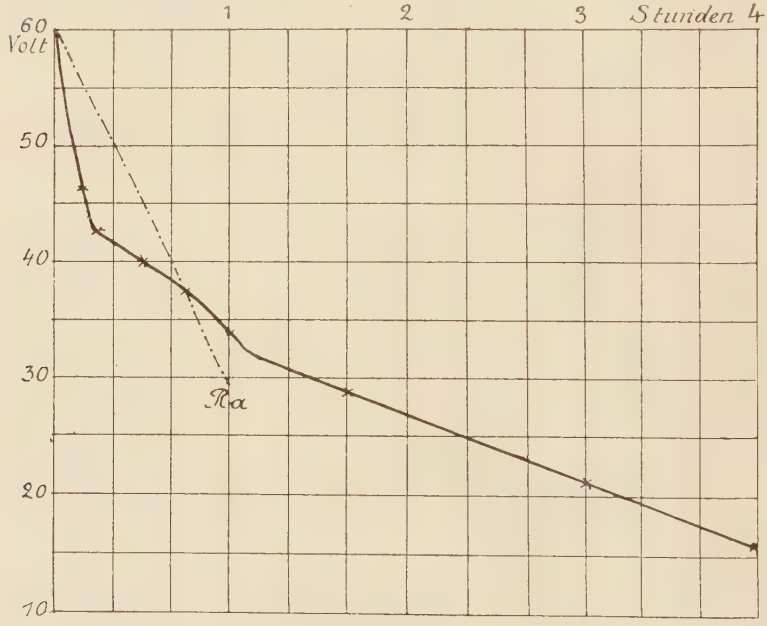
Kurve № 3.

glocke nämlich war das Verschwinden der Induktion ein ungemein langsames. Der Sitz dieser auffallenden Eigenschaft wurde nach längerem vergeblichen Suchen in dem Colophonium-Vaselingemische entdeckt, welches die Stanniolbelegung auf die Glocke fixierte.

Zum Nachweise, dass induzierte Aktivität mit Leichtigkeit dem Colophonium-Vaselingemisch anhafte, wurde ein Pergamentpapier von 20×20 cm. auf beiden Seiten mit einer

dicken Schicht des Gemisches bestrichen, auf —250 Volt geladen und eine Nacht hindurch (12 St.) der Emanation des Leuker Schlammes ausgesetzt.

Indem nun das Versuchsobjekt rasch unter eine andere Glocke gebracht wurde, ergab sich folgende Abklingung der induzierten Aktivität.



Kurve № 4.

Werte der Abklingung in Volt/Stunde, Zeit in Stunden:

	I_0	$I_{1/6}$	$I_{1/4}$	$I_{1/2}$		
(ber.)	60	46	42	40		
	$I_{3/4}$	I_1	I_2	I_3	I_4	
	38	33.8	27	21.5	16	(vergl. Kurve 4).

Halbwert 90 Min. Ra-halbwert 57 Min.

Die Luft-Zerstreuung ist hier bereits abgerechnet.

Dieser Klebstoff hat demnach ein ausserordentliches Vermögen, Aktivität aufzunehmen und zurückzuhalten. Es musste darum für fernere Messungen das Colophonium-Vaselin entfernt und die Stanniolbelegung durch möglichst wenig Siegellack im Inneren des Beobachtungsraumes befestigt werden.

Tarasp.

Dieser Kurort, welcher sowohl Glaubersalzquellen als auch Eisensäuerlinge aufweist, liegt in einer Meereshöhe von 1200 m. am Inn am Fusse des Piz Pisog.

Das kleine Plateau mit den Quellen besteht aus Glimmerschiefer, dem Bündner Schiefer, welcher hier sehr viel Schwefelkies enthält und auch die sogenannte Vitriolhöhle bildet. Früher wurde nämlich zum Abbau des Schwefelkieses ein Stollen getrieben, aber bald wieder aufgegeben, sodass sich unter dem Einfluss des Luftsauerstoffs Vitriolerze absetzen konnten, welche stalaktitenartig von der Decke herab hangen.

Das Liegende des Bündner Schiefers ist Gneiss, während das Hangende mächtige Serpentinformationen bilden, welche ihrerseits noch einen Gneisshügel einschliessen. Der Schiefer ist gewöhnlicher grauer, worin die tonigen und sandigen Variationen mit etwas kalkigen, gelblichen wechseln.

Von den beiden Hauptquellen: Luziusquelle und Emerita, wurde erstere untersucht. Sie zeigen deutliche Bittersalzkrusten und gehören zu den stärksten alkalisch salinischen Glaubersalzquellen. Sie enthalten nach Treadwells Analyse in 1000 Teilen 15.1 feste Bestandteile und darin 5.55 Kohlensäure freie und halbgebundene, 4.31 doppeltkohlensaures Natron, worin sie nur von Vichy (Grande Grille) übertroffen werden mit 4.9.

Von der Kurgesellschaft Schuls-Tarasp erhielt ich 10 Liter Kohlensäuregas, welches 2 Tage zuvor abgefüllt worden war.

Zerstreuungswert des leeren Apparates mit Zimmerluft

pro $^1/_4$ Stunde	12.7 Volt.
Mit CO_2-Gas im Anfang	22.2 »
Nach 3 Stunden im Maximum	30.2 »

Demnach pro Liter und $^1/_4$ Stunde 1.75 Volt oder

$$i \times 10^3 = 0.59 \; E.S.E.$$

Nach 24 Stunden pro Liter und 15 Minuten 1.5 Volt = 0.50 E. S. E.

Nach 48 Stunden 1.15 Volt.

Nach 3 Tagen 0.8 Volt.

Nach 3.83 Tagen 0.75 Volt.

Der Halbwert von 0.875 Volt wird erreicht in *2.70 Tagen.*

Herr Prof. Dr. A. Gockel fand in Tarasp selbst mit Quellgas eine 5-6 mal grössere Zerstreuung als mit Luft, entsprechend in unserem Maasse einer Stromstärke von 1.3.

Weitere Versuche wurden nicht angestellt, wegen des geringen Emanationsgehaltes.

Schlamm.

Das mir zur Verfügung gestellte Sediment enthielt viel Kalk und bestand aus sehr harten, blätterartigen Schaalen, welche durch Ferrioxyd rotbraun gefärbt waren. Die Messung erfolgte 8 Tage nach der Entnahme der Schlammprobe aus der Quelle. 100 gr. gepulvert, ergaben eine Zerstreuung von 198 Volt/Stunde. Hiervon muss abgezogen werden, der Wert für Zimmerluft: 48 Volt und der Wert für induzierte Aktivität: 60 Volt. Die wahre Zerstreuungszunahme beträgt also für das ganze Quantum 90 Volt/Stunde oder in Urankaliumsulfateinheiten ausgedrückt *0.20.*

Induzierte Aktivität, unter Abzug des Verlustes bei Zimmerluft nach 2-tägiger Exposition:

Zeit in Minuten							
	0	15	20	30	60	270	24 Stunden
(ber.)	60	42.1	33.8	24	22.1	12	0
					Halbwert 25 Min.		

Also bedeutend rascher als bei Radium; vielleicht Thorium.

Zur Kontrolle obiger Resultate erhitzte ich mehrere Proben von je 50 gr. feingepulverten Sedimentes in einem kurzen, an beiden Enden ausgezogenen Verbrennungsrohr auf 100°. Ein Kautschukgebläse trieb die emanationshaltige Luft über dem Sediment in den Messraum. Die korrigierten Werte

der Zerstreuungszunahme betrugen 44.5 beziehungsweise 44.7 Volt/Stunde und bedeuteten eine gute Übereinstimmung mit dem durch normale Emanationsentwicklung ermittelten Betrag.

Liess ich die Hitze auf 200° mit demselben Schlamm steigen, so fiel die Zerstreuung auf 38 Volt/Stunde bei 300° auf 22.2 Volt-Stunde und bei Rotgluht war trotz längerer Beobachtung keine merkliche Veränderung der normalen bei leerem System gemessenen Leitfähigkeit zu bemerken.

Möglicherweise hatte der verwendete Kautschuk die Hauptmenge der Emanation absorbiert. Analoges konnte ich beim Leuker Quellabsatz konstatieren.

Einzeluntersuchung analytisch abgeschiedener Bestandteile des Tarasper Schlammes.

Wurden 100 gr. davon in heisser conc. Salzsäure gelöst, so hinterblieb nur ein minimaler Rückstand, welcher zumeist aus beigemengten kleinen Kieselsteinchen bestand und inaktiv befunden wurde. Erfolgte die Lösung in einem kleinen Rundkolben und wurden die Salzsäure- und Wasserdämpfe zurückgehalten, so erwies sich das entwickelte Kohlendioxyd-Gas beträchtlich aktiv, indem es die normale Zimmerluftzerstreuung zur doppelten Höhe steigerte. Der getrocknete Salzsäureauszug enthielt jedenfalls einen aktiven Bestandteil, obgleich er anfangs nur 2.2 Volt/Stunde ergab; denn bei solchen Präparaten stellt sich das Maximum gewöhnlich erst nach 4-5 Wochen ein. Nun wurde der zum Zweck einer Aktivitätsbestimmung eingedampfte Salzsäureauszug wieder gelöst und nachdem ich mich überzeugt hatte, dass Schwefelwasserstoff keinen nennenswerten Niederschlag hervorrief, teilte ich die Flüssigkeit in zwei Hälften. In dem einen Teil wurden erst durch heisse Schwefelsäure Sulfate gefällt und dann mit Ammoniak und Ammoniumhydrosulfid die Hydroxide niedergeschlagen; in dem anderen umgekehrt erst Hydroxide und Sulfide niedergeschlagen und darauf die Sulfate bestimmt.

Diese doppelte Ausführung hatte den Zweck das Verhalten der radioaktiven Bestandteile besser kontrollieren zu

können: denn bekanntlich werden diese äusserst leicht durch künstlich bewirkte Niederschläge verwandter chemischer Gruppen mit niedergerissen.

In beiden Fällen erhielt ich fast unmessbare Werte beim Schwefelsäure-Niederschlag, selbst bei den erstmaligen Anwendung dieser Säure nur 1.8 Volt/Stunde.

Aus den Hydroxiden dagegen erhielt ich nach dem Abscheiden von Eisen, Mangan etc. 8 gr. Aluminiumhydroxid, welche unter Abzug der Luftzerstreuung 11 Volt Stunde zerstreuten oder 0.03 Urankaliumsulfateinheiten besassen. Dieser Wert stieg im Verlauf eines Monats auf 27.2 Volt Stunde oder 0.068 Urankaliumsulfateinheiten. Nach 5 Monaten betrug die Aktivität nur noch $^1/_4$ der maximalen.

Sehr abweichende Erscheinungen zeigte hingegen der ebenso lange aufbewahrte Sulfat-Niederschlag. Dieser im Wesentlichen aus Calciumsulfat und Bariumsulfat bestehende Rückstand verursachte nämlich durch seine Anwesenheit eine Verminderung des Zerstreuungsvermögens im Messraume, wirkte also sozusagen negativ aktiv oder entionisierend (vgl. Seite 53).

Die normale Zimmerluftzerstreuung betrug bei einem Apparat z. B. 48 Volt/Stunde.

Bei Einwirkung der Sulfate sank dieselbe nach 30 Minuten auf 38.0 Volt/Stunde.

Wurde der Niederschlag von zirka 30 gr. frisch geglüht, so erlangte er eine scheinbare Aktivität von + 7.2 Volt/Stunde, aber schon nach Verlauf einer Stunde hatte dieselbe einer negativen Differenz von — 8.8 Volt/Stunde Platz gemacht und blieb dann dauernd wie oben auf — 10 Volt/Stunde stehen. Ähnliche Beobachtungen hat v. d. Borne (16) gemacht.

Wurde in dem oben (Seite 37) beschriebenen Messingapparat von 1.9 Volt Stunde normalem Verlust beobachtet, so stieg die Zerstreuung 15 Minuten nach Einführung des Sulfatniederschlages auf 3.6 Volt/Stunde, sank nach 30 Minuten auf 2.4 Volt/Stunde und von hier an war, trotz sorgfältiger Prüfung, durch volle 3 Stunden auch keine Spur von

einer Abnahme der elektrischen Ladung mehr zu bemerken. Es blieben die Aluminiumblättchen des Elektroskopes, im Widerspruch zu der notwendig erscheinenden Zerstreuung im Untersuchungsraum, unbeweglich auf demselben Ausschlage stehen. [29.0 Skalenteile].

Ein Rückstand der Sulfate, welcher, wie beim Leuker Sediment (Seite 53) angegeben, durch alkoholische Auszüge vom Calciumsulfat befreit worden war und nur noch Bariumsulfat und X enthielt, liess ebenfalls in der ersten halben Stunde eine sehr schwache Aktivität erkennen, um dann konstant jede noch messbare Zerstreuung zu verhindern.

Der zur Verfügung stehende Quellabsatz (400 gr.) erlaubte eine Nachprüfung dieser Erscheinungen mit einer grösseren Menge nicht.

Da nach Verlauf von $3\,^1/_2$ Monaten der unverändert aufbewahrte Rest des Schlammes sich inaktiv erwies, scheint auch in diesem Falle die anfänglich gemessene Aktivität von induzierter Natur und das Quellsediment selbst nur induziert.

Schwefelwasserstoffhaltige Quellen.

Da von verschiedenen Autoren die Radioaktivität von Quellen, welche Schwefelwasserstoff enthalten, besonders betont wird [v. Moissan C. R. CXXXVII, p. 600, 1903], wurden einige derartige Wässer aus hiesiger Gegend untersucht.

Die sogenannten Préalpes romandes bilden eine grosse überschobene Platte, welche am Rande rings emporgebogen ist. Ihre äusserste und Grundschicht bildet die Trias, und diese kommt so direkt auf das helvetische Eocän oder Flysch zu liegen. An dieser Berührungslinie sind nun viele schwefelwasserstoffhaltige, meist sehr schwache, stagnierende Quellen zu finden. Der Schwefelgehalt stammt dabei aus dem Gyps, welchen die Trias ebendort enthält.

Anlässlich einer geologischen Excursion fasste ich am Fusse der Branlère 100 cc. Wasser einer solchen Schwefelquelle.

Nach 1 Tag fand ich im Maximum 64.3 Volt/Stunde.

Luftzerstreuung	55.1	»
Also	9.2	Volt/Stunde.

Pro 1 Liter $i \times 10^3 = 0.72$ E. S. E.
Induzierte Aktivität unbestimmbar.

Bad Bonn.

1 ½ Stunde von Freiburg an der Saane gelegen. Das Auftreten einer Schwefelquelle ist geologisch noch nicht ganz aufgeklärt. Jedoch kann man ähnliche Verhältnisse annehmen, wie bei den vorhin aufgeführten Quellen, wenn die Vermutung sich als richtig erweist, dass die Süsswassermolasse an jener Stelle nur eine sehr geringe Mächtigkeit besitzt. Es würde dann der Schwefelwasserstoff der Quelle aus der tiefer liegenden marinen Ablagerung stammen und diese durch ihren Gypsgehalt die Quelle speisen.

Ich entnahm eine Probe I, der kleinen Quelle selbst. Sie liegt in dem Waldabhang 100 m. hinter dem Kurhôtel und wurde mir als einzig bekannte angegeben.

Probe II, schöpfte ich aus dem Reservoir, welches zu Badezwecken dient und je nach Bedarf verwendet wird, sodass frisches Wasser mit wochenaltem zusammenrinnt, weshalb das Alter der Probe unbestimmbar war.

Probe I. Angewandt 500 ccm.

Korrigierte Zeit :	3 Stunden.
Maximum	84.3 Volt/Stunde.
Luftzerstreuung	56.0
Also	28.3 Volt/Stunde.
Nach 3.80 Tagen	14.2 Volt/Stunde.

Induzierte Aktivität: Zeit in Minuten.

I_0	I_{10}	I_{15}	I_{30}
9	2.5	2	0 Volt/Stunde.

Probe II. Maximum nach 3 Stunden 12 Volt/Stunde.

Probe I. Unter Berücksichtigung der Induktion pro Liter berechnet 38.6 Volt-Stunde oder in *E. S. E.* 10^3 $i = 0.29$ pro Liter.

Thon aus Düdingen.

Er stammt aus dem Gebiete von Bad Bonn. In Übereinstimmung mit anderen Beobachtern fand ich denselben zwar aktiv, jedoch nur in sehr geringem Grade (106).

50 gr. grauen Thones zerstreuten im Maximum, unter Abzug der Luftzerstreuung, 4 Volt-Stunde.

50 gr. gelben Thones aus demselben Fundorte dagegen 5.5 Volt-Stunde.

Dabei entspricht in Urankaliumsulfateinheiten die Aktivität des grauen Thons 0.0018.
jene des gelben Thons 0.0024

Wasser aus Schwarzenburg (Kanton Bern.)

Entnommen einer Molasseablagerung hinter dem Aussichtspunkte Höchstatt, im sogenannten Zelg.

Korrigiertes Maximum nach 2 $^1/_2$ Stunden 19.2 Volt/Stunde oder in E. S. E. $i \times 10^3 = 0.16$.

Von hiesiger *Sandsteinmolasse* wurden an verschiedenen Orten entnommene Proben untersucht, welche sich, wie Prof. Gockel bereits angegeben, als inaktiv erwiesen.

Ragaz.

Die Quelle, welche in Pfäffers und Ragaz zu Heilzwecken verwendet wird, liegt am Ende der Taminaschlucht und besitzt eine Temperatur von 41°. In 10000 gr. sind u. a. enthalten Ca 0.55234, Sr. 0.007, Ba 0.00176.

Das Wasser wurde im Laboratorium zwei Tage nach der Füllung untersucht.

Angewandt: 666 ccm.

Gefunden unter Abzug der Luftzerstreuung:

I_{15}	I_{30}	I_{15}	I_{60}	I_{75}
26.2	12.1	—	9.9	0

Also im Maximum pro Liter $i \times 10^3 = 0.33$ E. S. E.

Bad Alvaneu.

An der Albula-Bahn nach dem Engadin 976 m. über Meer gelegen. Die sehr reichen (600 Minutenliter), kalten Schwefelquellen enthalten auch Eisen- und Calciumsalze, weswegen das Wasser zu Kurzwecken getrunken wird. Die Formation ist dort schwarzer Dolomit, genannt Virgloriakalk oder schwarzer Plattenkalk. Der Dolomit ist beiderseitig eingeschlossen von oberer Rauhwacke.

Das Wasser wurde im Freiburger-Laboratorium untersucht 2 Tage nach dem Abfüllen an der Quelle.

Angewandt: 666 ccm.

Korrigierte Werte für das Ansteigen der Emanationswirkung bis zum Maximum: Zeit in Minuten,

I_{15}	I_{30}	I_{45}	I_{120}	I_{180}	
52	67.5	73.2	88	90	Volt/Stunden.

Von diesem Maximum nach $2\,^1/_2$ Stunden an, zerfiel die Emanation wieder wie folgt: Zeit in Tagen.

I_0	$I_{0.79}$	I_2	I_3	I_4	
90	74	58	48	44	Volt/Stunden.

Daraus berechnet sich die Halbierungskonstante zu 3.62 Tagen. *1 Liter* Wasser von Alvaneu zerstreut also im Maximum pro *15 Minuten* 33.3 Volt, das entspricht einem Sättigungsstrom von *1.12*.

Für die *Induzierte Aktivität* fand ich die folg. Abklingung.

Zeit in Minuten.

I_0	I_{15}	I_{30}	I_{45}
20	12	8	6 Volt/Stunde

Halbwert nach 22.5 Minuten.

Andeer.

Dieser Ort liegt 12.5 km. von Thusis, 979 m. über Meer. Die Quelle liefert ein Wasser ähnlicher Zusammensetzung wie jene von Alvaneu, enthält ebenfalls Calcium- und Eisensalze, nebst wenig Schwefelwasserstoff; ist aber alkalinisch.

Das Wasser kam zwei Tage alt zur Untersuchung.

Angewandt: 666 ccm.

Korrigierte Werte der bewirkten Zerstreuung:

Im Anfang nach 15 Minuten 29 Volt/Stunde.
» 30 » 31 »
» 45 » 33 »
Maximum nach $2^1/_2$ Stunden 41 »

1 Liter Wasser v. Andeer zerstreut demnach in 15 Minuten im Maximum 15.4 Volt, das entspricht einem Sättigungsstrom von *0.51*.

Vom Maximum an =0 Tage gerechnet, zerfiel die Emanation, wie folgt, Zeit in Tagen:

I_0	I_1	I_2	I_3	I_4
41	31.5	25	21.5	19.5 Volt/St.

Halbierungskonstante demnach 3.50 Tage.

Die *Induzierte Aktivität* hatte folgende Abklingung, Zeit in Minuten:

I_0	I_{15}	I_{30}	I_{45}
16	9	5	1.5 Volt/Stunden.

Halbwert nach 17 Minuten.

Moor aus Andeer, welcher in einer Konservenbüchse verschlossen abgesandt worden war, erwies sich nach dem Trocknen als inaktiv.

Fideris.

Liegt 1091 m. hoch am rechten Ufer des Arieschbaches, an der Linie Landquart-Davos.

Die untersuchte Quelle ist ein Eisensäuerling und entspringt aus Trias-Schichten, dem sog. Bündner Schiefer.

2 Tage nach dem Abfüllen an der Quelle durchlüftete ich $^1/_2$ Liter des Quellwassers im Freiburger Laboratorium. Gefunden: 5.3 Volt Zerstreuungszunahme pro 15 Minuten, was einem Sättigungsstrom von *0.17* entspricht.

Da das Wasser sehr viel freies Kohlendioxyd enthält, ist anzunehmen dass die radioactive Emanation, wie das auch bei andern Quellen der Fall ist, durch das aufsteigende Kohlendioxyd ausgewaschen wird.

Bisher konnte ich kein Kohlendioxyd aus Fiederis bekommen.

Disentis.

Nördlich von Disentis liegt das Val St. Placi, welches die westliche Kante eines grossen Diorit-Massivs bildet. Am Rande dieser Formation, gleich am Eingange des Thales befindet sich auch die untersuchte St. Placidus-Quelle. Die Schichten fallen dort steil nach Norden ab. Der Diorit selbst ist vom sogenannten Ruseintypus mit viel Pyrit-Einschluss. Das von mir untersuchte Gestein war rostrot angewittert.

Die hier benötigten Sendungen verdanke ich der Freundlichkeit des Herrn Dr. phil. *Pater Karl Hager*, S. O. B., Professor der Klosterschule in Disentis. Es sei mir gestattet ihm auch an dieser Stelle meinen besten Dank abzustatten.

Die Wasserproben waren mit Paraffin sehr gut gedichtet und erfüllten die Flaschen so, dass eine Luftdurchmischung unterwegs unmöglich war. Das Wasser selbst war durch

einen hohen Eisenhydroxyd-Gehalt stark getrübt und in einigen Fällen mit dem Quellabsatz zusammen abgefüllt, welcher dann aber gesondert untersucht wurde.

1 Liter Wasser ergab einen Tag nach der Abfüllung an der Quelle im Maximum einen Abfall von 1692 Volt/St. und zwar wurde dieser Wert 3 Stunden nach Beginn des Versuches erreicht. Werden an diesem Wert korrigiert 350 Volt für Induktion und 8 Volt als Restemanation, so bleibt, berechnet für 1 Liter und 15 Minuten ein Voltabfall von 337.5 Volt: dieser entspricht einem Sättigungsstrom von *11.36*

Für 45 Stunden altes Wasser war, wie pag. 14 angegeben, pro 1 Liter gefunden worden 7.70.

Für 2 Tage altes Wasser beobachtete ich mit einer neuen Probe am 17. XI 1905 pro 1 Liter und 15 Minuten im Maximum 218 Volt Zerstreuungszunahme. Dieser Voltabfall entspricht einer Stromstärke von 7.34 E.S.E.$\times 10^{-3}$.

Eine andere Probe, welche 3 Tage vom Zeitpunkt des Abfüllens an gestanden hatte, ergab pro Liter und 15 Minuten 138 Volt-Abfall, was entspricht einer Stromstärke von 4.65.

Wurde $^1/_2$ Liter Wasser, das 8 Tage verschlossen gestanden hatte, nach der Durchlüftungsmethode untersucht, so stieg die Zerstreuungszunahme im Maximum auf 58 Volt/15 Minuten. 1 Liter erzeugte also noch einen Sättigungsstrom von 3.90.

Dass in diesem Wasser Emanation gelöst war und sich durch ein eingeschlossenes aktives Salz neu zu bilden vermochte, zeigte sich darin, dass nach 17 Stunden die Zerstreuung unter der Glocke durch nochmaliges Durchlüften gesteigert werden konnte. Die Zerstreuung von 500 cc. des nun 8.8 Tage alten Wassers war von 58 Volt/15 Minuten auf 44.2 Volt/15 Minuten gesunken. Indem nun $^1/_4$ Stunde lang Luft durch das früher schon *entemanierte* Wasser zirkulierte, stieg die Abnahme an Volt pro 15 Minuten auf 73.0 und erhielt sich auf diesem Wert eine Stunde lang konstant. Diese Erhöhung kann nicht einer blossen, im Wasser zurückgehaltenen Restemanation zugeschrieben werden; denn diese

betrug bei dem angewendeten Apparat 5%, höchstens 10% der ursprünglich beim Maximum bestimmten Emanationsmenge.

Nach Verlauf eines Tages wurde der Apparat durch Abheben der Messglocke gelüftet und bis zur Beobachtung der normalen Zimmerluftzerstreuung von 48 Volt/Stunde leer gelassen. Wurde nun die schon verwendete jetzt 10 Tage alte Wasserprobe nochmals kurz durchlüftet, so stieg die Zertreuung auf 53.5 Volt/Stunde.

Über den Abfall der *induzierten Aktivität*, siehe Kurve 6.

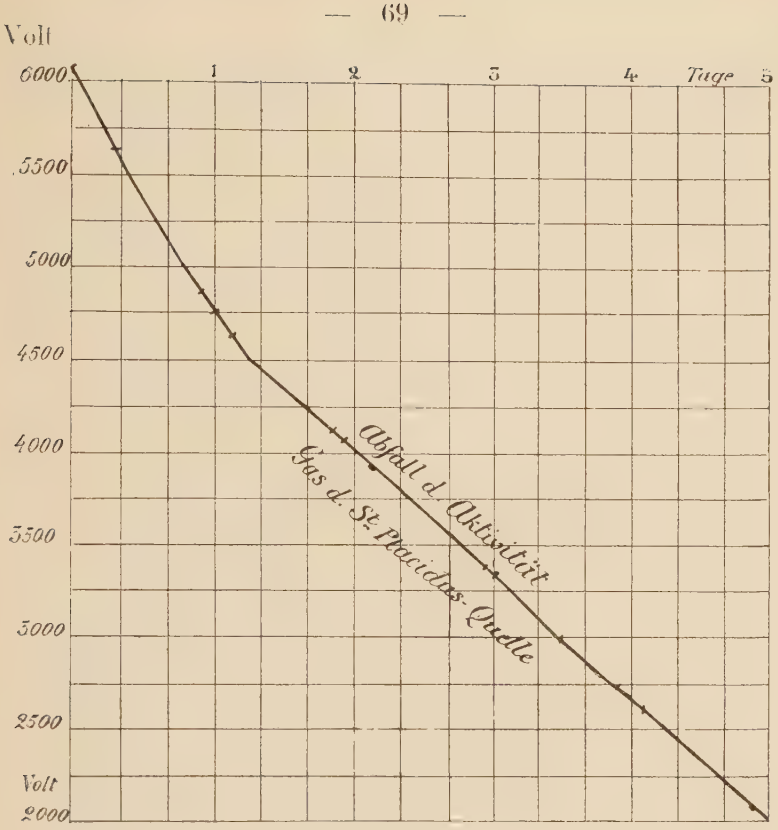
Gas.

Die St. Placidusquelle zeigt eine sehr geringe Gasentwickelung. Nachdem die Messung am Quellwasser die stärkste der von mir untersuchten Aktivitäten ergeben hatte, war es wünschenswert, auch das Gas einer Beobachtung zu unterziehen. Im Winter ist die Quelle völlig verlassen und ausserdem durch Lavinenstürze gefährdet. Ich bin darum Herrn Dr. P. K. Hager zu grossem Danke verpflichtet dafür, dass er mir trotz einer Gasentwickelung von nur 100 ccm. pro Tag, zweimal Gas für die Messungen zusandte.

Die erste Sendung von 1 Liter wurde für die folgende Radioaktivitätsbestimmung verwendet. Das Gas kam zwei Tage nach der Absendung von Disentis zur Untersuchung. Die Anfangszerstreuung war 3840 Volt Stunde. Nach 3 Stunden war das Maximum erreicht mit 6172 Volt Stunde. *Korrigierter* Wert für 1 Liter und 15 Minuten 1348 Volt. Der Abfall von 1348 Volt/15 Minuten entspricht einer Stromstärke von 45.43.

Nach der nachstehenden Kurve 5 berechnet sich der Halbwert der Emanation d. h. die Zeit in welcher die Zerstreuung nur noch die Hälfte der beim Maximum beobachteten betrug auf 3.42 Tagen. Die Zerfallsgeschwindigkeit ist demnach innerhalb der Fehlergrenzen, identisch mit der des Radiums.

Berechnet man nach den vorstehenden Kurven den Halbwert, so erhält man besonders bei längerer Expositionszeit eine langsamere Abklingung (65 Min.) als bei Radium. Nimmt

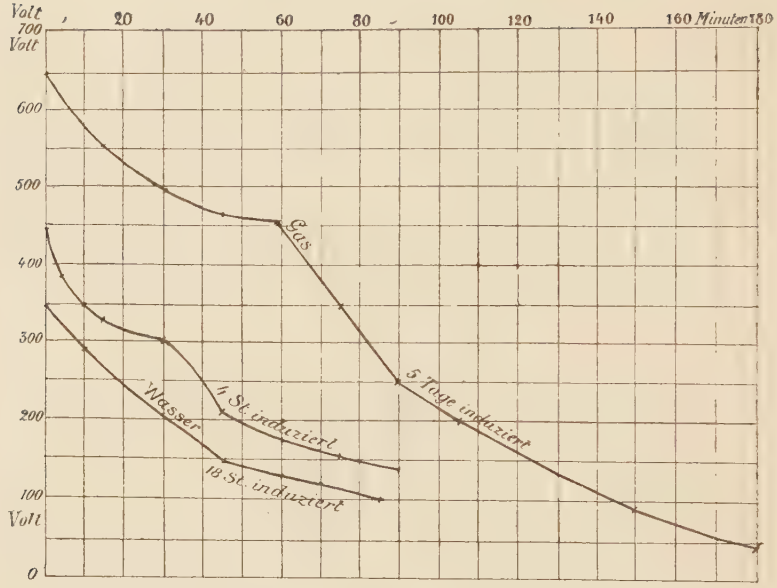


Kurve N° 5.

Zerfallsgeschwindigkeit der Emanation bei Quellgas der St. Placidusquelle Disentis.

Zeit in Tagen.	Volt/Stunde.	Zeit in Tagen.	Volt/Stunde.
Maximum : 0	6192	2.11	3954
0.20	5582	2.93	3391
0.91	4875	3.00	3352
1.00	4752	3.52	3000
1.12	4618	3.90	2745
1.83	4141	4.15	2664
1.91	4065	4.90	2070

Tabelle 4.



Kurve N° 6.

Abfall der induzierten Aktivität beim Disentiser Gas und Wasser.

Tabelle 5 zu Kurve N° 6.

1 Liter Gas.		666 cc. H_2O.		500 cc. H_2O.	
Zeit in Min.	I in Volt/St.	Zeit in Min.	I in Volt/St.	Zeit in Min.	I in Volt/St.
0 (ber.)	645	0	450	0	350
—	—	5	380	—	—
—	—	10	350	10	288
15	557	15	328	15	264
30	494	30	300	30	210
45	467.6	45	210	45	150
60	456	60	168	60	136
75	350	75	158	—	—
90	254	90	138	—	—
105	201.4	105	—	—	—
150	96	—	—	—	—
180	47	—	—	—	—

man aber einen mittleren Teil der Kurve bei diesem Vergleiche, so findet man eine bessere Übereinstimmung mit der für Radium bekannten Halbierungskonstanten (35 Min.).

Wegen der Schwierigkeit eine ausreichende Menge Gas abzufangen, konnte eine Wiederholung der Versuche mit einer neuen Menge Quellgas nicht vorgenommen werden.

Die zweite Sendung Gas von 1 $^1/_2$ Liter wurde mit dem p. 41 angegebenen Apparat chemisch untersucht. Die Menge des Gases war aber zu gering, um Edelgase nachzuweisen und das Spektrum des Gases, welches sich zuletzt in der Röhre V befand, zeigte noch immer die hellen Bande des Stickstoffes.

Die Analyse des Gases hatte ergeben:

	I.	II.
CO_2	1.5	1.5
O	1.2	1.0
H_2S	0	0
N=Rest	97.3	97.5
	100.0	100.0

Es wurde von mir am 9. V 06 im Laboratorium zu Freiburg untersucht.

Ammoniakalische Cuprochloridlösung gab keine Volumverminderung des Gases und eine H_2S-Prüfung mit Jod, Jodkali und Titration mit $Na_2S_2O_3$ ebensowenig ein positives Resultat. Moissan (C. R. 137 p. 600) gibt an, Argon sei nur bei Schwefelquellen zu finden und Ch. Moureau (76) sagt, überall wo Radium oder seine Emanation beobachtet wird, muss sich auch Helium nachweisen lassen. Mit einer Menge von 5—10 Liter Quellgas von der St. Placidusquelle möchte vielleicht ein Heliumrest aus dem Gasgemisch isolirbar sein. Jedenfalls konnte ich beobachten, dass die Emanation zusammen mit dem Rest des Stickstoffs in der Röhre V zurückblieb.

Wenn nämlich, wie pag. 48 angeben, 10 cc. des Gasrestes in die Messglocke getrieben und der Überdruck beseitigt wurde, erhielt ich nach Verlauf von 3 Stunden ein Maximum der Zerstreuung. Der korrigierte Wert desselben betrug 41.6 Volt/Stunde.

Nachdem der Apparat gelüftet worden und wieder normale Zimmerluftzerstreuung gezeigt hatte, führte ich in glei-

cher Weise 10 cc. von frischem Quellgas derselben Sendung ein (jetzt 3 Wochen alt) und fand im Maximum 6.8 Volt-Abfall pro Stunde. Die Zerstreuungsfähigkeit des von einem grossen Teile des Stickstoffs befreiten emanationshaltigen Gases, verhielt sich also zu derjenigen einer gleichen Menge ursprünglichen Quellgases wie 6.1 zu 1.

Sedimente.

Der zugleich mit den Wasserproben erhaltene Quellschlamm war eine rotbraune, lettenartige Masse (Schlick genannt), von welcher 20 gr. getrocknet untersucht wurden. Die Zerstreuung betrug im Maximum 9.6 Volt/Stunde. Dies entspricht 0.01 Urankaliumsulfat-Einheiten. Ein Rückstand eines Salzsäureauszuges erwies sich als inaktiv.

Aus 50 gr. Schlamm gewann ich 3 gr. Al_2O_3, welches *3.9* Volt Stunde zerstreute: entspricht 0.019 Urankaliumsulfat-Einheiten. Aus derselben Menge Schlamm hinterblieb nach dem Reinigen des Schwefelsäure-Niederschlages, 0.5 gr. Bariumchlorid mit einer Aktivität von 16 Volt/Stunde oder 0.071 Urankalsulfaten-Einheiten.

Bei einer zweiten Untersuchung wurde vor der Ausfällung der Erdalkalien 5 gr. Bariumchlorid zugesetzt, und so erhielt ich einen Niederschlag, von welchem 5 gr. 32.8 Volt/Stunde zerstreuten. Diese Aktivität entspricht 0.14 Urankaliumsulfaten-Einheiten.

Es war also eine Konzentration der aktiven Materie erreicht, welche nun den 10-fachen Betrag der Zerstreuung des gewöhnlichen Schlammes überstieg.

50 gr. des Diorit-Gesteins, welches die St. Placidusquelle birgt, zerstreuten 13.8 Volt/Stunde, das entspricht 0.006, Urankaliumsulfat-Einheiten. 50 gr. desselben Gesteins, welches aber als Geschiebe im Bette des kleinen Baches der St. Placidusquelle gelegen hatten zeigten 39.1 Volt/Stunde entsprechend 0.017. Urankaliumsulfat-Einheiten.

Ich spülte die Oberfläche dieser verwitterten Proben mit Salzsäure-Lösung ab und behandelte den Säureauszug wie den Schlamm, kam aber zu keiner wesentlich grösseren Konzentration der radioaktiven Rückstände.

Zusammenstellung und Vergleich meiner Resultate

mit denjenigen einiger anderer Autoren.

A. Gas.

Autor.	Quelle.	Hauptbestandteil des Gases.	Beschaffenheit der Quellwege.	Aktivität in Mache's Einheiten.
von Sury	Baden, Verenahofquelle.	N,CO_2	Muschelkalk	2.12
»	Disentis, St. Placidusquelle	N	Diorit	45.43
Mache	Gastein, Grabenbäckerq.	N	Gneißgranit	564
Curie et Laborde	Plombières, s. Vauquelin	N	Granit	184
» »	Vichy, source chaude . .	$N.CO_2$	Tertiär-Form.	18
von dem Borne	Viktoriabrunnen bei Oberlahnstein	CO_2	Vulkan. Exhalation durch Coblenzsandst.	1.25
	Brennbares Naturgas, Neunkirchen, Bez. Saarbrücken	CH_4,CO_2 N	Carbon. Tonschiefer und Conglomerate	2.5
	Schlagende Wetter beim Austritt aus der Flötz, ebenda .	CH_4,CO_2 N	Steinkohlenflötz	0
von Sury	Tarasp, Luziusquelle . .	CO_2	Bündner Schiefer	0.59
Henrich	Wiesbaden. Schützenhofq.	$^1/_3\ CO_2\ ^2/_3\ N$	Quarzg. i. Taunusq.	50
Mc. Lennan	Naturgas, Westontario .	? Kohlenwasserstoffe	Sedimentärschichten der Silurformation	1.6 bis 0.05

B. Wasser.

Autor.		Charakter des Wassers.		
von Sury	Alvaneu	Kalt, S-haltig	Schwarzer Dolomit	1.12
	Andeer	S.- u. Fe-haltig	?	0.51
	Baden, 14 Einzelbeobachtungen versch. Quellen .	S-Thermen 46–48°	Muschelkalk, Keuper	0.58 bis 0.24
	Bonn bei Freiburg . . .	Kalt, S-haltig	ob. Süßwass. Molasse	0.29
	Disentis. St. Placidusquelle	Kalt, Fe-haltig	Diorit	11.37
	Fideris	Eisensäuerling	Trias-Bündner Schiefer	0.17
	Leuk, Lorenzquelle . .	51°, Gipshaltig	Trias	0.26
	Ragaz, Taminaquelle . .	41°	?	0.33
	Schwarzenburg	Kalt, indifferent	Molasse-Sandstein	0.16
	Quelle am Branlère . .	Kalt, S-haltig	Trias	0.72
Mache	Gastein, Grabenbäcker .	Indiff. 36.3°	Gneißgranit	155
	» Elisabethquelle .	» 46.8°	»	133
	» Chorinskyquelle	» 41.9°	»	83.4
	» Elisabeth-Stollen, N.	» 42.5°	»	26.8
»	» Schachenquelle .	» —	—	0.31
Mache u. Meyer	Karlsbad, Eisenquelle . .	» 8.4°	—	38.4
	Franzensbad, Neuquelle	» kalt	—	0.96
	» Schloßbrunnen .	Glaubersalz. 30.2°	—	17.4
»	Marienbad, Nebenquelle .	6.4	Moorgrund ?	6.78
Schenk	Baden-Baden, Murquelle .	Na-Cl-Therme	Granit	24.4
Henrich	Wiesbaden, Kochbrunnen	Na-Cl-Th. v. Co_2	Quarzgänge	2.3
von dem Borne	Grundwasser, Berneuchen Prov. Brandenburg . .	Indiff., kalt	Diluvialschichten	0.04
»	Ienenser Leitungswasser	»	Muschelkalk	0.08
Mache	Wiener Leitungswasser	»	?	0.08

Literatur

der Radioaktivität von Quellen und Mineralwässern.

1. *E. P. Adams*, Water radioactivity. Elektr. World; J. 1903,

2. *id.*, Journ. Frankl. Inst. **156, 424.**

3. *H. S. Allen*, Radioactive gas from bath mineral waters; Nature **68, 343.**

4. *K. Aschoff*, Über die Radioactivität der Kreuznacher Solquellen. Zeitschr. f. öff. Chem. **15, 11** S. 1905.

5. *G. A. Blanc*, On radioactivity of mineral springs. Phil. Mag. **9, 148—154.**

6. *id.*, On the radioactivity of the hot springs of « Aix-les-Bains ». Brit. Ass. Cambridge 1904, **471—472.**

7. *id.*, Sui costituenti radioattivi dei sedimenti de Echaillon e Salins-Moutiers. Rend. Lincei **14, 322—328**, 1905.

8. *id.*, Über die Natur der radioaktiven Elemente, welche in den Sedimenten der Thermalquellen von Echaillon und von Salins-Moutiers enthalten sind. Phys. Zeitschr. **6, 703—707**, 1905.

9. *Blythwood und H. S. Allen*, Radioactive Gas in mineral springs. Nat. **69, 247.**

10. *B. B. Boltwood*, On the radioactivity of natural waters. Sill. Journ. **18, 378—387.**

11. *J. Borgmann*, Radioactivity of russian muds and electrification of air by metals, Wat. **70, 80—81.**

12. *id.*, Radioaktivität einiger russischer Heilschlamme. Journ. russ. phys.-chem. Ges. **37, 63—74.**

13. *G. von dem Borne*, die Wirkung von Gesteinen auf die photographische Platte als Mittel zu ihrer Untersuchung auf Radioaktivität. Zentralbl. f. Min. 1905, **58.**

14. *id.*, die radioaktiven Mineralien, Gesteine und Quellen. Jahrb. f. Rad. und El. **2, 77—108.**

15. *id.*, Der Emanationsgehalt der Quellwässer des Simplontunnels. Jahrb. f. Rad. und El. **2, 142—146.**

16. *id.*, Untersuchungen über die Abhängigkeit der Radioaktivität der Bodenluft von geolog. Faktoren. Breslau 1905. **37 S.**

17. *H. A. Bumstead* and. *L. P. Wheeler*, Note on a radioactive gas in surface water. Sill. Journ. (4) **16, 328.**

18. *id.*, On the properties of a radioactive gas found in the soil and in the water near New-Haven. Sill. Journ. **17, 97—111.**

19. *E. F. Burton*, Über ein aus dem Rohpetroleum gewonnenes Gas. Phys. Zeitschr. **5, 511—516.**

20. *id.*, Phil. Mag. 8, **498 – 505.**

21. *P. Curie et A. Laborde*, Sur la radioactivité des gaz qui se dégagent de l'eau des sources thermales. Compt. rend. **138, 1150—1153.**

22. *A. B. Chauveau*, Sur la déperdition de l'électricité dans l'air au voisinage de sources thermales. Compt. rend. **139, 531—532.**

23. *E. Dorn*, Über die radioaktiven Eigenschaften des Wassers einiger Quellen. Abh. der Naturf. Ges. zu Halle. **25, 105—116.**

24. *id.*, Beibl. **29, 269 – 270.**

25. *H. M. Dadourian*, Radioactivity of underground air. Sill. Journ. **19, 16—22.** Phys. Zeitschr. **6, 98 – 101.**

26. *J. Elster und H. Geitel*, Über die Radioaktivität der im Erdboden enthaltenen Luft. Phys. Zeitschr. **3, 574—577.**

27. *id.*, Über die radioaktive Substanz, deren Emanation in der Bodenluft und der Atmosphäre enthalten ist. Phys. Zeitschr. **5, 11—20.**

28. *id.*, Rep. Brit. Ass. Southport 1903, **537—538.**

29. *id.*, Über die Radioaktivität von Erdarten und Quellsedimenten. Phys. Zeitschr. **322—325.**

30. *id.*, Über Einrichtung und Behandlung der Apparate zur Bestimmung der Radioaktivität von Bodenproben und Quellsedimenten, Zeitschr. f. Instrum. **24, 193—201.**

31., *id.*, Weitere Untersuchungen über die Radioaktivität von Quellsedimenten. Phys. Zeitschr. **6, 67—70.**

32. *id.*, Arch. sc. phys. et nat. (4) **19, 5—30.**

33. *id.*, Über die natürliche Radioaktivität der Atmosphäre und der Erde. Eders Jahrb. **19, 35—41.** 1905.

34. *C. Engler et H. Sieveking*, Nouvel appareil pour la détermination de la radioactivité des sources thermales. Arch. de Genève **20, 159—168.**

35. *C. Engler*, Über die Radioaktivität der Thermalquellen von Baden-Baden. Zeitschr. f. Elektrochemie **11. 714—722.** 1905.

36. *A. S. Eve*, A comparison of the ionization produced in gases by penetrating Röntgen and Radium rays. Phil. Mag. **8, 610—618.**

37. *F. Giesel*, Über das Vorkommen von Radium und radioaktiven Edelerden im Fangoschlamm und in Ackererde von Capri. Chem. Ber. **38, 132—133.**

38. *id.*, Phys. Zeitschr. **6, 205—206.**

39. *A. Gockel*, Über die Emanation der Bodenluft. Phys. Zeitschr. **4, 604—605.**

40. *id.*, Über die in Thermalquellen enthaltene radioaktive Emanation. Phys. Zeitschr. **5, 594.**

41. *id.*, Gaz radioatif dans l'air et dans le sol. Arch. de Genève **18, 258—258.**

42. *id.*, Radioaktive Emanation im Quellglas von Tarasp (Engadin). Chem. Ztg. **29,** Nr. **23.**

43. *id.*, Weiteres über die Radiokativität einiger schweizerischer Mineralquellen. Chem. Ztg. **29,** Nr. **92.**

44. *M. Grassi*, Le emanationi del radio aumentano la conduttività dell'aqua. Rend. Lincei **14, 281—284,** 1905.

45. *L. Heitinger und K. Peters*, Über das Vorkommen von Radium im Monazitsand. Wien. Anz. 1904. **184—185.**

46. *F. Henrich*, Untersuchungen über die Wiesbadener Thermalquellen und deren Radioaktivität. I. Wien. Anz. 1904, **320—321.**

47. *id.*, Über ein radioaktives Gas in den Wiesbadener Thermalquellen. Zeitschr. f. angew. Chemie **17, 1757—1760.**

48. *id.*, Chem. Zentralbl. **2, 1689.**

49. *id.*, Thermalquellen von Wiesbaden und deren Radioaktivität. Monatsch. f. Chem. **26, 149—184.**

50. *id.*, Erlang. Ber. **36, 177—199.**

51. *id.*, Über die Radioaktivität der Wiesbadener Thermalquellen. Jahrb. f. d. nass. Ver. f. Naturk. 1905. **87—100.**

52. *A. Hermann und F. Pesendorfer*, Radioaktivität der Karlsbader Thermen. Chem. Zentralbl. **6, 1187.**

53. *id.*, Über die Radioaktivität des dem Karlsbader Sprudel entströmenden Gases. Phys. Zeitschr. **6, 70—71.**

54. *F. Himstedt*, Über die radioaktive Emanation der Wasser- u. Ölquellen. Ber. Naturf.-Ges. Freiburg **14, 181—189.**

55. *id.*, Phys. Zeitschr. **5, 210—213.**

56. *id.*, Ann. d. Phys. **13, 573—582.**

57. *R. Hofmann*, Über die Absorptionskoeffizienten von Flüssigkeiten für Radiumemanation und eine Methode zur Bestimmung des Emanationsgehaltes der Luft. Phys. Zeitschrift **6**, 337—340.

58. *L. B. Johnson*, On the decay of excited radioactivity from natural gases. Phys. Rev. **20**, 177—182.

59. *J. Kaufmann*, Über Radioaktivität von atmosphärischen Niederschlägen und Grundwässern. Meteorol. Zeitschrift **22**, 102—113.

60. *F. Kohlrausch*, Beobachtungen an Becquerelstrahlen und Wasser. Verh. der D. Phys. Ges. **5**, 261—262.

61. *J. Knett*, Indirekter Nachweis von Radium in den Karlsbader Thermen. Wien. Anz. 1904. **131**—132.

62. *A. Laborde*, Radioactivité des eaux minérales. Le Radium **1**, 1 – 6.

63. *J. C. Mc. Lennan*, Inducierte Radioaktivität, die in Luft am Fusse eines Wasserfalles erregt wird. Phys. Zeitschr. **4**, 295—298.

64. *id.*, On the radioactivity of natural gas. Nat. 70, 151.

65. *H. Mache*, Über die Emanation im Gasteiner Thermalwasser. Wien, Anz. 1904, 228—230.

66. *id.*, Über die im Gasteiner Wasser enthaltene radioaktive Emanation. Phys. Zeitschr. **6**, 441—444.

67. *id.*, Über die Radioaktivität der Gasteiner Thermen. Wiener Anz. 342—343.

68. *id.*, Wien. Ber. **113**, 1329—1352.

69. *id.*, Monatsh. f. Chemie **26**, 349—372.

70. *id. und St. Meyer*, Über die Radioaktivität der Quellen der böhmischen Bädergruppe: Karlsbad, Marienbad, Teplitz-Schönau-Dux, Franzensbad, sowie von St. Joachimsthal. Wien. Akad. Ber. **114**, IIa 355—385.

71. *id.*, Bericht über die Untersuchung der Vöslauer Thermen auf Radioaktivität. Vöslau 1905. 4 S.

72. *id.*, Über die Radioaktivität einiger Quellen der südlichen Wiener Thermenlinie. Wien. Anz. 1905. 118

73. *id.*, Wien. Ber. **114**, 545—551.

74. *id.*, Monatsh. f. Chemie **26**, 891—897.

75. *id.*, Über die Radioaktivität österreichischer Thermen. Phys. Zeitschr. **4**, 692—700.

76. *Ch. Moureau*, Sur la composition chimique des

mélanges gazeux radioactifs qui se dégagent de l'eau de quelques sources thermales. C. R. **139, 822—855.**

77. *F. Müller*, Einige Beobachtungen über die Radioaktive Substanz im Fango. Phys. Zeitschr. **5, 357—363.**

78. *M. Padoa*, Osservazioni sulla pretesa radioattività dell' acqua ossigenata. Lincei. Rend. **14, 43—44.**

79. *A. Pochettino ed A. Sella*, Conduttività elettrica aquistata dall'aria proviniente da una solfieria ad acqua. Cim. **(5) 4, 203—208.** 1902.

80. *id.*, Linc. Rend. **(5) 11 [1] 527—531.**

81. *id.*, Sulla conduttività dell'aria atmosferica in recipienti chiusi. N. Cim. **8, 130—140.**

82. *R. Schenk*, Radioaktive Eigenschaften der Luft, des Bodens und des Wassers in und um Halle. Jahrb. d. Rad. und El. **2, 19—42.**

83. *A. Schmidt*, Über die Radioaktivität einiger Süsswasserquellen des Taunus. Phys. Zeitschr. **6, 34—37.**

84. *id.*, Über die Radioaktivität einiger Süsswasserquellen des Taunus II, Phys. Zeitschr. **6, 402—406.**

85. *id.*, Wiesbaden 1905, **20** S.

86. *H. W. Schmidt*, Über eine einfache Methode zur Messung des Emanationsgehaltes von Flüssigkeiten. Phys. Zeitschr. **6, 561—566.**

87. *H. Schlundt and R. B. Moore*, Radioactivity of some deep wells and mineral waters. Journ. Phys. Chem. **9, 320—332.**

88. *id.*, Chem. Cbl. II. **9.**

89. *S. Skinner*, Radioactivity and London clay. Nat. **70, 553.**

90. *A. Sokolow*, Radioaktivität einiger russischer Mineralwässer, Schlamm- und Bodenproben. Journ. russ. phys.-chem. Ges. **37, 101—150.**

91. *H. Sieveking*, Über einen neuen Apparat zur Bestimmung der Radioaktivität der Thermalquellen. Phys. Zeitschr. **6, 700—703.**

92. *E. Sarasin*, Über die Radioaktivität der Luft, welche atmenden Brunnen entströmt. Phys. Zeitschr. **6, 703—707.**

93. *id. Th. Tommasina u. F. J. Micheli*, Untersuchung des Elster-Geitel'schen Effektes: induzierte Radioaktivität. Phys. Zeitschr. **6, 709—715.**

94. *R. J. Strutt*, A study of many minerals and mineral waters. Chem. News **89, 133—135.**

95. *id.*, Elektrician **52, 938—939.**

96. *id.*, Radioaktivität von gewissen Mineralien und Mineralwassern. Jahrb. der Rad. u. El. **1, 12—19.**

97. *B. Szilard*, Die Radioaktivität des «Igmanader Bitterwassers». Ber. Ungar. Naturw. Ges. Budapest 1905.

98. *Th. Thommasina*, Sur l'absorption de la radioactivité par les liquides C. R. **134, 900—903.**

99. *J. J. Thomson*, Experiments on induced radioactivity in air, and on the elektrical conductivity produced in gases when the pass trough water. Phil. Mag. (6) **4**, 352—367.

100. *id.*, Radioactive gas from well water. Nature **67, 609.**

101. *id.*, On the existence of a radioactive gas in the Cambridge tapwater. Cambr. Phil. Soc. May **4, 1903.**

102 *id.*, Proc. Cambr. Phil. Soc. **12, 172—174.** 1903.

103. *id.*, Nature **68, 90—91.**

104. *H. Rausch von Traubenberg*, Über die Giltigkeit des Dalton'schen bez. Henry'schen Gesetzes bei der Absorption der Emanation des Freiburger Leitungswassers und der Radiumemanation durch verschiedene Flüssigkeiten. Phys. Zeitschr. **5, 130—134.**

105. *G. Vincentini*, Studio, sulla radioattività dei prodotti delle sorgenti termali enganée: nota preliminare. Atti di Veneto **5, 6,** 1903/04.

106. *id., e M. Levi da Zara*, Atti di Veneto **64. 95—110.**

107. *id. e R. Alpago*,Atti di Veneto **64, 1185—1232.**

108. *Waldmann u. B. Szilard*, Radioaktive Mineralwässer. Pharm. Post **38, 279—281.**

109. *Fr. Wallstabe*, Über die Diffusion von Radium-Emanation in Flüssigkeiten. **46** S. Diss. Halle 1903.

110. *C. T. R. Wilson*, Further experiments on radioactivity from rain. Proc. Cambr. Phil. Soc. **12, 17.**

111. *id.*, On radioactivity from snow. Proc. Cambr. Phil. Soc. **12, 85.**

Die vorliegende Arbeit wurde auf Veranlassung von Herrn Professor Dr. A. Gockel in der Zeit vom Januar 1905 bis zum Juli 1906 im Physikalischen Institut der Universität Freiburg in der Schweiz ausgeführt.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, auch an dieser Stelle Herrn Prof Dr. A. Gockel für die freundliche Anregung und Leitung der Arbeit und das stetige gütige Wohlwollen meinen herzlichsten Dank auszusprechen.

Des Weiteren bin ich zu Dank verbunden Hrn. Prof. Dr. R. de Girard für verschiedene Ratschläge zum geologischen Teil der Arbeit und besonders Hrn. Prof. Dr. J. von Kowalski für gütige Überlassung verschiedener benötigter Apparate.

Lebenslauf.

Am 12. März 1881 wurde ich, Joseph von Sury, in Dresden geboren als Sohn des Landschaftsmalers Max J. von Sury und seiner Ehegattin Flory, geb. von Wackerbarth. Ich gehöre der katholischen Konfession an.

Meine Gymnasialbildung genoß ich zu Einsiedeln und Schwyz, an letzterem Orte erlangte ich im Sommer 1900 das Reifezeugnis.

Im Oktober 1900 wurde ich an der Universität Freiburg in der Schweiz immatrikuliert, studierte nach Verlauf von zwei Semestern während $1^1/_2$ Jahren an der Universität München, um im Herbste 1903 nach Freiburg zurückzukehren.

Am 21. Juli 1906 bestand ich daselbst die mündliche Doktorprüfung.

Ich besuchte die Laboratorien und Vorlesungen folgender Herren Professoren:

in München: von Baeyer, Dieckmann, Ebert, Groth, von Hilger (†), Hofmann, Röntgen.

in Freiburg: Baumhauer, Bistrzycki, Brunhes, Daniëls, Dhéré, de Girard, Girardin, Gockel, von Kowalski, Thomas-Mamert (†).

Allen diesen hochverehrten Lehrern bin ich stets zu größtem Dank verpflichtet.